

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
NEVŞEHİR BİLİM VE TEKNOLOJİ DERGİSİ

Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Nevşehir Journal of Science and Technology

Cilt/Volume : 12
Sayı/Issue : 2
e-ISSN: 2148-4651

Aralık 2023
December 2023

SAHİBİ
Prof. Dr. Semih AKTEKİN - Nevşehir HBV Üniversitesi Rektörü
EDİTÖR / EDITOR-IN-CHIEF
Prof. Dr. Cemal ÇARBOĞA - Nevşehir HBV Üniversitesi ccarboga@nevsehir.edu.tr
AKADEMİK EDİTÖR/ACADEMIC EDITOR
Dr. Öğr. Üyesi Engin EYCEYURT- Nevşehir HBV Üniversitesi engineyceyurt@nevsehir.edu.tr
Dil Editörü
Öğr. Gör. Erçin ÖZZADE- Nevşehir HBV Üniversitesi
Yayın Kurulu/ Bölüm Editörleri
Prof. Dr Bülent AKTAŞ – Harran Üniversitesi.
Prof. Dr. Aslıhan KARATEPE - Nevşehir HBV Üniversitesi
Prof. Dr. Bayram DEVİREN - Nevşehir HBV Üniversitesi
Prof. Dr. Bilge DEMİR – Karabük Üniversitesi
Prof. Dr. Bülent BOSTAN- Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Ersan KABALCI - Nevşehir HBV Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa ACARER – Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Nesimi AKTAŞ - Nevşehir HBV Üniversitesi
Prof. Dr. Süleyman YILMAZ – Aksaray Üniversitesi
Doç. Dr. Kubilay KARACİF – Hitit Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi - Ahmet ORHAN - Nevşehir HBV Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Ömer BİLHAN - Nevşehir HBV Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Serkan DAL - Nevşehir HBV Üniversitesi

Danışma/Bilim Kurulu
Prof. Dr Bülent AKTAŞ – Harran Üniversitesi.
Prof. Dr. Abdullah ALGAN – Pamukkale Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmet ARIKAN - Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Beril AKIN - Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Gül GÜLPINAR – Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Halil İbrahim OĞUZ – Adıyaman Üniversitesi
Prof. Dr. Murat AYGÜN – Bitlis Eren Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa Serdar GENÇ – Erciyes Üniversitesi
Prof. Dr. Okan KARAHAN – Erciyes Üniversitesi
Prof. Dr. Orhan BAYRAK – Akdeniz Üniversitesi
Prof. Dr. Salih ATEŞ – Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Şükrü ÇELİK – Sinop Üniversitesi
Prof. Dr. Yüksel ALTUN - Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Zehra Nur YÜKSEKDAĞ - Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. Zahide BAYER ÖZTÜRK - Nevşehir HBV Üniversitesi
Prof.Dr Neslihan DOĞAN – Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi
Prof.Dr. Adnan SÖZER – Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. Ali GENCER – Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. Ali KAYA – Fırat Üniversitesi
Prof.Dr. Bilal DEMRE – Erciyes Üniversitesi
Prof.Dr. GENÇAĞA PÜRÇEK – Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof.Dr. Metin GÜRÜ – Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. Mustafa Hilmi ÇOLAKOĞLU- Nevşehir HBV Üniversitesi
Prof.Dr. Serkan ÖZEL – Bitlis Eren Üniversitesi
Prof.Dr. Serkan TEKİN- Ankara Üniversitesi
Prof.Dr. Sevil ALBAYRAK – Erciyes Üniversitesi
Prof.Dr. Uğur TIRNAKLI – Ege Üniversitesi
Prof.Dr. Hayrettin AHLATÇI – Karabük Üniversitesi
Doç. Dr. Abdullah DİKİCİ – Uşak Üniversitesi
Doç. Dr. Hikmet KATIRCIOĞLU - Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Mustafa TÜRKMEN – Erciyes Üniversitesi

İçindekiler/Contents	Sayfa /Page
Araştırma Makalesi (Research Article) Evaluation of the Prediction Algorithms for the Diagnosis of Hepatic Dysfunction Karaciğer Fonksiyon Bozukluğu Teşhisinde Tahmin Algoritmalarının Değerlendirilmesi Saadet Aytaç ARPACI, Songül VARLI	1-13
Araştırma Makalesi (Research Article) Beypazarı İlçesinin Papilionoidea ve Hesperioidea (Lepidoptera) Fauna Bilgisine Katkılar (Türkiye) Contribution to the Knowledge on Papilionoidea and Hesperioidea (Lepidoptera) Fauna of Beypazarı District (Türkiye) Kağan BOZKURT, Selma SEVEN ÇALIŞKAN	14-25
Araştırma Makalesi (Research Article) Malacosoma sp. (Lepidoptera: Lasiocampidae) ile İlişkili Kültüre Edilebilir Bağırsak Bakteri Toplulukları: İzolasyon ve 16S rRNA Dizileme Analizi ile Tanımlama Culturable gut bacterial communities associated with Malacosoma sp. (Lepidoptera: Lasiocampidae): Isolation and identification by 16S rRNA sequence analysis Ali SEVİM	26-33
Araştırma Makelesi (Research Article) Basınç Dayanımı Açısından Püskürtme Beton Uygulamalarındaki Başlık Sistemlerinin Değerlendirmesi Evaluation of Head Systems in Shotcrete Applications in Terms of Compressive Strength Hasan POLAT, Cengiz ÖZEL	34-43
Derleme Makelesi (Review Article) Dental Fotoğrafçılık Dental Photograpy Hilal GÜNDOĞ	44-52



Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi

Research Article (Araştırma Makalesi)

Article Doi: **10.17100/nevbiltek.1256873**

Date Submitted: 27/02/2023

Date Accepted: 29/12/2023



Karaciğer Fonksiyon Bozukluğu Teşhisinde Tahmin Algoritmalarının Değerlendirilmesi

Saadet Aytaç ARPACI¹, Songül VARLI²

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul
ORCID ID: 0000-0001-6226-4210

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul
ORCID ID: 0000-0002-1786-6869

Öz

Akut karaciğer yetmezliği, karaciğerdeki fonksiyon bozukluğuna bağlı olarak gelişir. Kısa sürede gelişen ve vücutta ciddi hasarlara sebep olan akut karaciğer yetmezliği için erken tanı büyük önem taşır. Hekimin daha erken tanı koyabilmesi açısından makine öğrenimi yöntemlerine dayalı tahmin işlemleri, hekime karar verme sürecinde yardım sağlayabilir. Bu çalışma, akut karaciğer yetmezliği varlığının tahmini için hekime yardımcı olabilecek, yakın zamanda sunulan ve yüksek tahmin kabiliyetlerine sahip üç algoritmanın değerlendirilmesini amaçlar. Çalışmada kamuya açık veri kümeleri üzerinde XGBoost, LightGBM ve NGBoost yöntemlerinin tahmin başarımları incelenir. Bu çalışmada iki veri kümesi kullanılır; ilk veri kümesi 2008–2009 ve 2014–2015 dönemlerinde “JPAC Health Diagnostic and Control” Merkezinde toplandı. Veri kümesinde, toplam 8785 hastanın bilgisi bulunur ve hastaların çoğunda "akut karaciğer yetmezliği" geliştiğine dair bilgi yer almıyor. Ayrıca ikinci değerlendirme için İesu vd. tarafından toplanan ve "akut karaciğer fonksiyon bozukluğu" gelişen veya gelişmeyen hastalar hakkında bilgi içeren bir veri kümesi kullanılır. Veri kümesinden edinilen bilgiye göre, 208 hastada "akut karaciğer fonksiyon bozukluğu" gelişirken, 166 hastada bu durum gelişmemiştir. Eğitim ve test aşamalarında her üç algoritmanın yüksek tahmin sonuçları verdiği ve LightGBM yönteminin daha kısa sürede sonuca ulaştığı, NGBoost yönteminin ise diğer algoritmalara göre daha uzun sürede sonuç verdiği değerlendirmeler kapsamında gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: XGBoost; LightGBM; NGBoost; akut karaciğer yetmezliği; sınıflandırma.

Evaluation of the Prediction Algorithms for the Diagnosis of Hepatic Dysfunction

Abstract

Acute liver failure develops due to liver dysfunction. Early diagnosis is crucial for acute liver failure, which develops in a short time and causes serious damage to the body. Prediction processes based on machine learning methods can provide assistance to the physician in the decision-making process in order for the physician to make a diagnosis earlier. This study aims to evaluate three recently presented algorithms with high predictive capabilities that can assist the doctor in determining the existence of acute liver failure. In this study, the prediction performances of the XGBoost, LightGBM, and NGBoost methods are examined on publicly available data sets.

Sorumlu yazar e-mail: saadeta99@gmail.com

In this research, two datasets are used; the first dataset was gathered in the “JPAC Health Diagnostic and Control Center” during the periods 2008–2009 and 2014–2015. The dataset includes a total of 8785 patients' information, and it mostly does not contain patients' information that "acute liver failure" was developing. Furthermore, a dataset collected by Iesu et al., containing information on patients who developed or did not develop "acute liver dysfunction," is used for the second evaluation. According to the information obtained from the data set, "acute liver dysfunction" developed in 208 patients, while this situation did not develop in 166 patients. It is observed within the scope of the evaluations that all three algorithms give high estimation results during the training and testing stages, and moreover, the LightGBM method achieves results in a shorter time while the NGBoost method provides results in a longer time compared to other algorithms.

Keywords: XGBoost; LightGBM; NGBoost; acute liver failure; classification.

Sorumlu yazar e-mail: saadeta99@gmail.com

1. Introduction

Acute liver failure (ALF) is a rare functional disorder that occurs in the liver due to the influence of different causes. Although paracetamol (acetaminophen) toxicity is mostly the main factor that causes ALF, it also has other different aetiologies, such as viral hepatitis, pregnancy-associated liver failure, autoimmune hepatitis, liver damage due to drug toxicity, and Wilson's disease. The disease can appear itself in its acute and subacute states, which develop more slowly over several weeks, or in its hyper acute form, which develops more rapidly. The progression of the illness may eventually lead to the development of extrahepatic organ failure and the condition of cerebral oedema, which is almost characteristic of ALF. The most effective treatment method for ALF, which causes serious damage to the body and even results in death, is liver transplantation. An attempt is made to increase the survival rate with liver transplantation [1 - 3].

Learning from data and using the predictions obtained from the models as an aid is provided by a process based on machine learning (ML) [4, 5]. Some of the most well-known basic ML prediction methods are nearest neighbour, naive bayes, and decision trees [4]. However, new proposed algorithms based on or different from these methods are still being developed. The diagnosis of many diseases can be facilitated in clinical environments with ML methods [6]. ML methods are also used in the field of hepatology for the diagnosis, progression, and prediction of mortality of liver diseases [7].

Researches that examine methods such as XGBoost [8], LightGBM [9], and NGBoost [10] developed on the basis of decision trees, which are an ML application, are also encountered in the field of health as well as in other fields. The XGBoost or LightGBM methods have been evaluated in various studies, including the estimation of Parkinson's disease [11], medical diagnosis with exhaled breath analysis [12], the estimation of chronic kidney disease [13], the estimation of type 2 diabetes risk [14], the prediction of the survival time of patients with hepatitis B [15], the estimation of the risk of gestational diabetes mellitus [16], and the prediction of blood glucose levels [17]. Furthermore, studies comparing the LightGBM and XGBoost approaches for determining the risk of liver disease [18, 19] or diabetes mellitus [20] are also available. In the research done by Noh et al. [21], the XGBoost, LightGBM, and NGBoost algorithms were examined for the estimation of survival time in hepatocellular carcinoma patients. Studies that make ALF estimation with the two models we used in this research, such as XGBoost and LightGBM, are found in the literature [22, 23]. According to the XGBoost and LightGBM methods, the NGBoost method is a relatively newer algorithm; therefore, it has been evaluated in a smaller amount of research than other, older algorithms. According to

our knowledge, there have been no studies in the literature on the evaluation of the NGBoost method for ALF estimation (especially for the datasets we examined in this research [24, 25]).

Timely and early medical treatments or clinical follow-ups can significantly improve survival for ALF and also eliminate the need for liver transplantation. Given the importance of early diagnosis for ALF that develops in a short time, thanks to the hospitals' use of effective (powerful) ML methods for predicting the presence of ALF, it can also be ensured that more patients can be evaluated in a shorter time and that a health service that helps the clinician's decision-making process when working at a busy pace can be provided. The main contribution of this study is the evaluation of the three ML methods (XGBoost, LightGBM, and NGBoost) for ALF estimation, which have high performance rates and may provide this benefit to the clinician. Furthermore, the evaluation of the estimation approaches used together with the applied pre-processing methods on the data sets in this study constitutes additional contributions to the research.

The remaining article's arrangement is as follows: Section 2 provides information on the material and method. In Section 3, the results from the experiments are presented. The discussion and conclusions are presented in Sections 4 and 5, respectively.

2. Materials and Methods

The general application diagram of the study is shown in Figure 1, the same procedures were applied for both datasets. Information about each stage is presented in the next sections.



Figure 1. The general application diagram

2.1 Dataset

In this research, we used two datasets: the Kaggle acute liver failure dataset [24] and a dataset collected by Iesu et al. [25]. The first dataset includes information on 8,785 adults who are 20 years of age or older that was gathered in the “JPAC Health Diagnostic and Control Center” during the periods 2008–2009 and 2014–2015. The presence of ALF in the dataset is labelled with (label = 1). The dataset created according to 30 attributes can be accessed from the relevant web address [24]. The second data set includes a total of 374 patients' information with 208 patients whose ALF (label = 1) condition was detected by the research carried out in the “Intensive Care Unit of Erasme Hospital” in Brussels (Belgium). Extensive information about the second publicly available dataset can be obtained from the research done by Iesu et al. [25]. The obtained data sets were subjected to the processes specified in the pre-processing section and the feature elimination process before being used in the evaluation of the models.

2.2 Pre-processing

Data sets obtained from related studies have outliers or missing values. These factors, which detrimental direction impacts the prediction accuracy of the models, are corrected within the data sets during the pre-processing stage. In this process, rows with a lot of missing data or rows without labels are removed. As a result, the first dataset has 6000 samples and the second dataset has 374 samples. Performed operation for columns with a smaller amount of missing values: The median value of each column is found, and all the missing values of the column are replaced with the found median values. The outliers for each attribute are detected by means of the interquartile range (IQR). IQR

represents the difference between the third quartile (A3) and the first quartile (A1), and if $n \geq 0$, values outside the range of $[A1 - n(IQR), A3 + n(IQR)]$ are determined as outliers in the process. The prediction models that we used in this research work on numerical data. For this reason, some necessary categorical samples in both data sets containing numerical and categorical data are converted to numerical values. The "Min-Max normalization" operation is applied to convert the values to the $[0, 1]$ scale range.

2.3 Feature Elimination

The most useful feature sets for improving the performance of classification models are found by feature selection methods; in this study also, a feature elimination process was adopted with the "Backward Feature Elimination" and "Recursive Feature Elimination with Cross-Validation" methods. In general, in the process of backward feature elimination [26]: Initially, all the features in a dataset with "N" attributes are trained. In the continuation, subsets with fewer attributes than the number of features used in the first stage are utilized to measure classification success. Attributes that show the least performance are removed. The process continues until the subset that achieves the maximum prediction success is found. In the recursive feature elimination with cross-validation method, all of the attributes in the dataset are first subjected to a performance evaluation, and the features are sorted by weighting according to the evaluation result. The least significant attribute is removed, and the process is iteratively reapplied in the framework of the k-fold cross validation layout. The best-performing features are retained [27, 28]. In our study, the evaluation of the models was carried out according to the intersection set of the attribute results obtained from both methods.

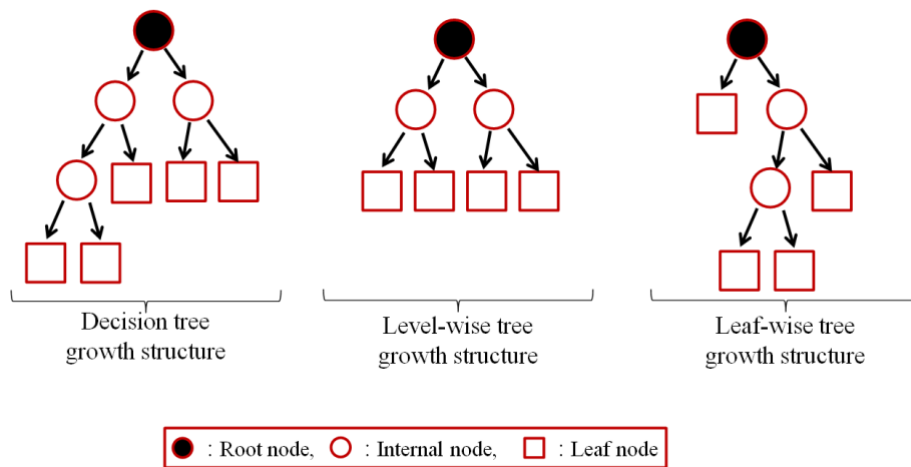


Figure 2. The decision trees growth samples [20, 36]

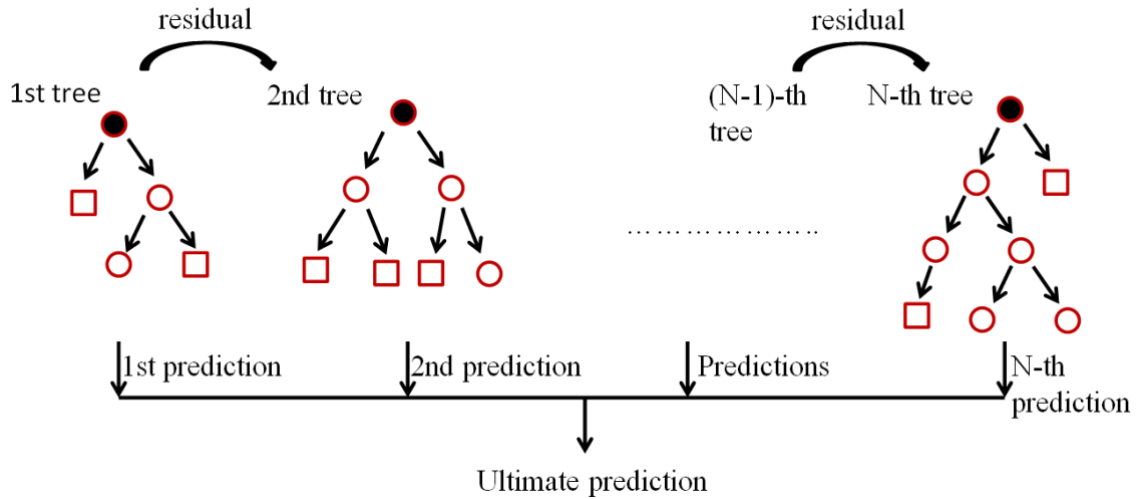


Figure 3. The boosting process

2.4 Background of Prediction Models

The classification process is performed by reaching the leaf nodes that give the classification result from a node assigned as a root in the decision trees (Figure 2). Internal nodes, on the other hand, represent the task of branching to the next internal node until they reach a leaf node by testing the attribute they receive in this process. Although the characteristics of decision trees, such as the ability to handle large amounts of data, process data in numerical or textual type, and provide high prediction performance results, are among the advantages of the method [29], the method also has some disadvantages. For example, the high-dimensional data given to the decision tree increases the search space exponentially, and thus the generalisation of the model becomes difficult. Furthermore, when there are minor changes in the training data, different splitting paths occur due to the hierarchical structure of the decision tree, and the whole tree result changes from top to bottom. Another disadvantage is that when there is a class imbalance problem in the dataset, like other standard machine learning solutions, it develops a tendency toward the majority class and becomes insufficient for all the data. Such deficiencies have been tried to be corrected by ensemble methods [30, 31]. In the learning process with the ensemble method, several classifiers are brought together to create a better performance than the prediction performance of each classifier. With the combined use of models, the risk of overfitting is reduced and performance is improved [31]. In the boosting process, which is an ensemble method, it is ensured that the weak model is weighted iteratively according to the result it gives for classification; thus, with the information produced, the model continues to learn until the final stage. In the final stage, the previous results are combined to give the most accurate estimate [32]. The principle of "training of each model depends on the pre-trained models", which forms the basis of the boosting method, is also valid for the gradient boosting method (GBM) [33]. In this method, each successive tree performs its own prediction by taking into account the error obtained with the differentiable loss function of the previous models (Figure 3). In a way that minimises the loss function, the final prediction is obtained by adding the estimation of all trees [31].

2.5 XGBoost Method

The authors added various optimizations and improvements to GBM to increase scalability in XGBoost [8, 31]. For example, (a) the missing data is placed in the nodes in a way that will give the best result (minimizing loss); (b) a more efficient weighting method is applied over all possible splits to optimize the splitting threshold. The most significant improvement was made to the XGBoost model with the addition of a regulation component to the loss function presented in GBM (Equation 1).

$$\mathcal{L}(\phi) = \sum_i l(\hat{y}_i, y_i) + \sum_k \Omega(f_k) \quad (\text{Equation 1})$$

where l is a convex and differentiable loss function that measures how close the prediction \hat{y}_i is to the target y_i . Ω controls the complexity of the model and helps prevent overfitting. It is defined more broadly as follows (Equation 2):

$$\Omega(f) = \gamma T + \frac{1}{2} \lambda \|w\|^2 \quad (\text{Equation 2})$$

where T represents the number of leaves on the tree and w represents the output scores of the leaves. The value of γ controls the minimum loss reduction gain required to split an internal node [34]. A scoring function (Equation 3) is applied to the system according to the differentiable values of the loss function to perform the best split.

$$\text{gain} = \frac{1}{2} [G_l + G_r - G_p] - \gamma \quad (\text{Equation 3})$$

G_l and G_r are the optimal values of the left and right nodes, respectively, and G_p represents the optimal value obtained before division; (c) the nodes of the algorithm are advanced level-wise (Figure 2) and from top to bottom in order to generate the best tree according to all possible outcomes. If the value of the regulation parameter gamma (γ) is higher, the pruning process is started and the tree size is reduced, thus preventing the overfitting situation.

2.6 LightGBM Method

It has been observed that the XGBoost [8] method shows better prediction accuracy compared to other machine learning methods [35]. After the introduction of the XGBoost method, the LightGBM [9] method was proposed in 2017. Leaf-wise tree growth (Figure 2) applied LightGBM is another method developed on the basis of GBM, like XGBoost. According to the experiments carried out, it is reported that LightGBM mostly requires less memory, is faster, and gives more accurate results compared to XGBoost [36]. The first of the two improvement techniques that come to the fore in the LightGBM method is "Gradient-based One-Side Sampling". In the estimation of the division points, the GBM method scans all the data samples for each feature, which causes the process to take longer to execute. Guolin Ke et al. [9] took into account that the training error of the samples that obtained small gradients was small and therefore gave a good training result, and they stated that it was unnecessary to process these samples. In the LightGBM method, instead of continuously processing samples that have a small gradient, they processed randomly selected samples that have a small gradient and all samples with a large gradient. Thus, the data size was reduced in the LightGBM method. In addition, with the second improvement method, the "Exclusive Feature Bundling" algorithm, which prevents features with zero values from entering the calculation by optimising a histogram-based algorithm, was applied to the model.

2.7 NGBost Method

The NGBost [10] method proposed by Duan et al. in 2020 was developed based on GBM, like the XGBoost and LightGBM methods. Most traditional estimation approaches are based on giving a single best prediction result for the problem. The NGBost method evaluates the data it receives over a conditional probability distribution and gives a prediction scoring result by comparing the prediction distribution with the observation labels. It performs this process within the framework of the "base learner, parametric probability distribution, and scoring rule" components.

3. Results

In this study, the performances of the XGBoost, LightGBM, and NGBost algorithms were measured on the datasets we used at the training stage and at the prediction stage of the test samples. The evaluation of the models was

performed using the Python programming language. In both datasets, 20% of the samples were randomly selected and used for testing. The training results were obtained by applying 5-fold cross validation.

Table 1. The average training success expressed as a percentage and the average training time expressed in seconds

	Accuracy (%)	Training Time (s)
XGBoost	89.86	0.3033
LightGBM	88.47	0.1054
NGBoost	89.22	9.8129

Table 1 shows the average training success (in percentage) and average training time (in seconds) of the algorithms for both datasets. According to the average values in Table 1, although LightGBM performed the training phase in the shortest time, the XGBoost algorithm achieved the highest training accuracy (89.86%).

$$Accuracy = \frac{(TN+TP)}{(TP+TN+FP+FN)} \tag{Equation 4}$$

$$Precision = \frac{TP}{(TP+FP)} \tag{Equation 5}$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{(TP+FN)} \tag{Equation 6}$$

$$Specificity = \frac{TN}{(TN+FP)} \tag{Equation 7}$$

$$AUC = \frac{(\frac{TP}{(TP+FN)} + \frac{TN}{(TN+FP)})}{2} \tag{Equation 8}$$

The test prediction performances of the XGBoost, LightGBM, and NGBoost algorithms were measured with accuracy (Equation 4) [14, 37], precision (Equation 5) [14, 37], sensitivity (Equation 6) [14, 37], specificity (Equation 7) [14], and AUC (Equation 8) [38] metrics. In the equations, TP defines "true positive," TN defines "true negative," FP defines "false positive," and FN defines "false negative." In Table 2, the average metric values obtained from the test samples are shown as percentages. Table 2 also presents the average prediction times (seconds) of the algorithms.

Table 2. Test results

	Accuracy (%)	Precision (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	AUC (%)	Prediction Time (s)
XGBoost	87.96	96.24	83.97	69.15	76.55	0.0056
LightGBM	89.59	95.52	87.24	66.12	76.68	0.0058
NGBoost	88.09	98.40	83.03	73.49	78.26	0.089

According to Table 2, the most efficient algorithm in the prediction phase in general is LightGBM, with an accuracy value of 89.59% and a short prediction time of 0.0058 seconds. The LightGBM method most accurately detected the absence of ALF (label = 0) with a sensitivity value of 87.24%. The presence of ALF (label = 1) was best predicted by the NGBoost algorithm with a specificity rate of 73.49%. The classification ability of the NGBoost method is better due to its higher precision and AUC value. However, the NGBoost algorithm took longer than other methods to complete its operations during the training and prediction stages. As can be seen in Tables 1 and 2, the results given by the models are quite close to each other. The success of the models was also examined statistically by McNemar's test [37, 39]. As a result of the statistical evaluation, it was observed that there was no significant difference ($p>0.05$) between the prediction abilities of the algorithms.

The size of the datasets evaluated by the algorithms is reduced by feature selection methods; thus, noise and confusion (complexity) caused by too much data, and hence the error that may occur in the result, are prevented. However, each of the features in the reduced dataset may have different levels of importance for the classification performance of the models. For example, Figure 4 show the importance rankings of the features in the second dataset for XGBoost, LightGBM, and NGBoost, respectively. According to our findings, the important common features in the first dataset for all models are “age, hypertension, good cholesterol, and minimum blood pressure,” while the important common features in the second dataset are highest INR (INR = international normalized ratio), PT (prothrombin time), highest BIL (BIL=bilirubin), and min PLT (PLT=platelet).

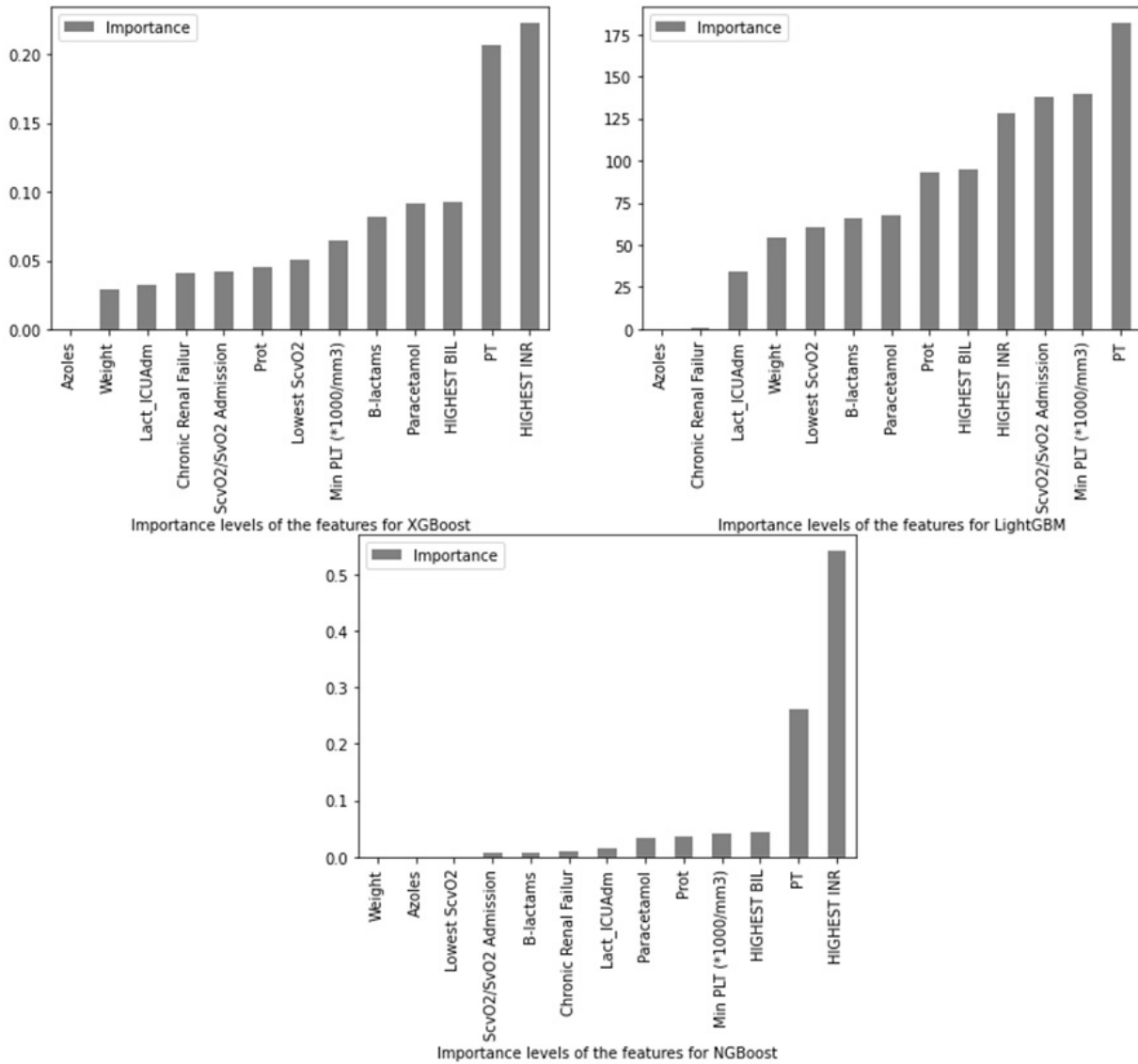


Figure 4. The importance ranking of the features in the second dataset for the XGBoost, LightGBM, NGBoost model

4. Discussion

The general opinion is that the later developed algorithms will achieve better performance than the previous algorithm, but based on the comparative analyses made on different datasets and the results we obtained from this research, we can say that, in general, the success rates of the XGBoost, LightGBM, and NGBoost algorithms are close to each other and high.

In the pre-processing stage, missing values and outliers in the datasets are processed with different algorithms based on specific mathematical methods. The success of the examined models is tried to be increased depending on these operations. The research on pre-processing methods remains current and continues to develop. Zhang and Gong [22] compared the XGBoost and LightGBM methods on the first dataset we used in this study. The pre-processing strategy (feature selection, etc.) they [22] applied during the preparation of the dataset and the amount of labelled data they [22] used are the main differences that differ from this study and affect the classification performance. Furthermore, the models we applied in our research are algorithms that can work on big data with high efficiency. The small sample size of the publicly available datasets to which these models will be applied to predict the ALF status constitutes a limitation in terms of a more effective comparison of the models.

The developers have also provided hyper parameter tuning support for the XGBoost, LightGBM, and NGBost methods. In this study, the methods are compared according to the default parameter settings. Since hyper parameter optimization for algorithms needs to be examined in great detail, additional measurements can be made as a continuation of this research.

The algorithms we evaluated in this study perform their operations with numerical variables due to their nature. Therefore, the effect of categorical variables on algorithms cannot be understood. The CatBoost [40] method, which can also work on categorical properties, was introduced recently. The studies carried out to the present day point to the success of the method. The ALF estimation results, which we have obtained within the scope of existing algorithms, can also be compared with the CatBoost method in the future.

The superiorities of the XGBoost [12, 14, 15] and LightGBM [41] methods compared to traditional ML methods are shown in the studies. However, in the literature studies comparing the LightGBM and XGBoost algorithms, it is generally (mostly) shown that the LightGBM method gives better prediction results [20, 23]. [21, 42 - 44] investigations are some of the studies in which the NGboost method shows less performance success compared to the LightGBM and XGBoost methods. A small amount of research has been done up to now for NGBost, which is a newer prediction algorithm according to XGBoost and LightGBM; therefore, it would not be correct to generalize the results. More research with NGBost on different datasets is required in order to assess the efficacy of the method and clarify its superiority over other algorithms.

As seen in Tables 1 and 2 in the result section, NGBost had the longest processing time among the examined algorithms. The long processing time for NGBost, which does not show a difference compared to other algorithms in terms of the metric values and statistical prediction accuracy results, weakens the power of the algorithm. In this direction, when we add the time factor to the evaluation in addition to the prediction success, the observations obtained from our study highlight the importance of the LightGBM method.

5. Conclusions

In this article, three prediction algorithms are evaluated for the estimation of acute liver failure status. Pre-processing, feature selection, and evaluation are some of the various stages that our study went through. In the study, the prediction performances of the XGBoost, LightGBM, and NGBost methods on publicly available datasets were examined. Our study presents some evaluations within the scope of the results we observed: (a) The prediction of acute liver failure development can be made by state of the art classification models such as XGBoost, LightGBM, and NGBost with high accuracy rates. (b) Furthermore, the LightGBM method contributes to achieving an earlier result, while the NGBost algorithm gives a result with a longer time. (c) The use of these methods in hospital areas can help the physician make an early diagnosis, and the adverse consequences caused by acute liver failure can be prevented.

In this research, we focused on three current and high-performance methods (XGBoost, LightGBM, and NGBost) developed on the basis of GBM. In the future, the performance of different machine learning methods for predicting acute liver failure can be investigated.

6. References

- [1]. Arshad M. A., Murphy N., Bangash M. N., "Acute liver failure" *Clinical Medicine Journal*, 20 (5), 505-508, 2020 DOI: 10.7861/clinmed.2020-0612
- [2]. Kayaalp C., Ersan V., Yılmaz S., "Acute liver failure in Turkey: A systematic review" *Turkish Journal of Gastroenterology*, 25(1), 35 – 40, 2014 DOI: 10.5152/tjg.2014.4231
- [3]. Sugawara K., Nakayama N., Mochida S., "Acute liver failure in Japan: definition, classification, and prediction of the outcome" *Journal of Gastroenterology*, 47, 849–861, 2012 Available from: <https://doi.org/10.1007/s00535-012-0624-x>
- [4]. Saberi-Karimian M., Khorasanchi Z., Ghazizadeh H., Tayefi M., Saffar S., Ferns G. A., Ghayour-Mobarhan M., "Potential value and impact of data mining and machine learning in clinical diagnostics" *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 58(4), 275-296, 2021 DOI: 10.1080/10408363.2020.1857681
- [5]. Park D. J., Park M. W., Lee H., Kim Y. J., Kim Y., Park Y. H., "Development of machine learning model for diagnostic disease prediction based on laboratory tests" *Scientific Reports*, 11, 7567, 2021 Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87171-5>
- [6]. Mostafa F., Hasan E., Williamson M., Khan H., "Statistical machine learning approaches to liver disease prediction" *Livers*, 1(4), 294-312, 2021 Available from: <https://doi.org/10.3390/livers1040023>
- [7]. Ahn J. C., Connell A., Simonetto D. A., Hughes C., Shah V. H., "Application of artificial intelligence for the diagnosis and treatment of liver diseases" *Hepatology*, 73(6), 2546-2563, 2021 Available from: <https://doi.org/10.1002/hep.31603>
- [8]. Chen T., Guestrin C., "XGBoost: A scalable tree boosting system" *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, San Francisco, California, USA, 2016
- [9]. Ke G., Meng Q., Finley T., Wang T., Chen W., Ma W., Ye Q., Liu T. Y., "LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree" *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems*, Long Beach, California, USA, 2017
- [10]. Duan T., Avati A., Ding D.Y., Thai K. K., Basu S., Ng A., Schuler A., "NGBoost: Natural gradient boosting for probabilistic prediction" *Proceedings of the 37th International Conference on Machine Learning*, Virtual Event, 2020
- [11]. Abdurrahman G., Sintawati M., "Implementation of XGBoost for classification of parkinson's disease" *3rd International Conference on Combinatorics, Graph Theory, and Network Topology*, East Java, Indonesia, 2019
- [12]. Paleczek A., Grochala D., Rydosz A., "Artificial breath classification using XGBoost algorithm for diabetes detection" *Sensors*, 21(12), 4187, 2021 Available from: <https://doi.org/10.3390/s21124187>
- [13]. Aydin Z. E., Ozturk Z. K., "XGBoost feature selection on chronic kidney disease diagnosis" *Proceedings of the IV International Conference on Data Science and Applications*, Virtual Event, 2021
- [14]. Wang L., Wang X., Chen A., Jin X., Che H., "Prediction of type 2 diabetes risk and its effect evaluation based on the XGBoost model" *Healthcare*, 8(3), 247, 2020 Available from: <https://doi.org/10.3390/healthcare8030247>
- [15]. Ali N., Srivastava D., Tiwari A., Pandey A., Pandey A. K., Sahu A., "Predicting life expectancy of Hepatitis B patients using machine learning" *IEEE International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics*, Ballari, India, 2022
- [16]. Hou F., Cheng Z., Kang L., Zheng W., "Prediction of gestational diabetes based on LightGBM" *Proceedings of the 2020 Conference on Artificial Intelligence and Healthcare*, Taiyuan, China, 2020
- [17]. Wang Y., Wang T., "Application of Improved LightGBM Model in Blood Glucose Prediction" *Applied Sciences*, 10(9), 3227, 2020 Available from: <https://doi.org/10.3390/app10093227>
- [18]. Shobana G., Umamaheswari K., "Prediction of liver disease using gradient boost machine learning techniques with feature scaling" *5th International Conference on Computing Methodologies and Communication*, Erode, India, 2021
- [19]. Sinthuja U., Hatti V., Thavamani S., "Analysis and prediction of liver disease for the patients in India using various machine learning algorithms" *International Conference on Advances in Data Computing, Communication and Security*, Kurukshetra, India, 2021
- [20]. Rufo D. D., Debelee T. G., Ibenthal A., Negera W. G., "Diagnosis of diabetes mellitus using gradient boosting Machine (LightGBM)" *Diagnostics*, 11(9), 1714, 2021 Available from: <https://doi.org/10.3390/diagnostics11091714>
- [21]. Noh B., Park Y. M., Kwon Y., Choi C. I., Choi B. K., Seo K., Park Y. H., Yang K., Lee S., Ha T., Hyon Y., Yoon M., "Machine learning-based survival rate prediction of Korean hepatocellular carcinoma patients using

- multi-center data” *BMC Gastroenterology*, 22, 1-9, 2022 Available from: <https://doi.org/10.1186/s12876-022-02182-4>
- [22]. Zhang D., Gong Y., "The comparison of LightGBM and XGBoost coupling factor analysis and prediagnosis of acute liver failure” *IEEE Access*, 8, 220990-221003, 2020 DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3042848
- [23]. Sengupta D., Mondal S., Basu S., De A. K., Nath S., Pandey A., “Classification of acute liver failure using machine learning algorithms” *IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies*, Bangalore, India, 2022
- [24]. Kumar R., “Acute liver failure dataset”, Available from: <https://www.kaggle.com/datasets/rahul121/acute-liver-failure> [Accessed 20 December 2022]
- [25]. Iesu E., Franchi F., Cavicchi F. Z., Pozzebbon S., Fontana V., Mendoza M., Nobile L., Scolletta S, Vincent J. L., Creteur J., Taccone F. S., “Acute liver dysfunction after cardiac arrest” *PLoS ONE*, 13(11), e0206655, 2018 Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206655>
- [26]. Lin J. L., Peng Z. Q., Lai R. K., “Improving pavement anomaly detection using backward feature elimination” *20th International Conference on Business Information Systems*, Poznan, Poland, 2017
- [27]. Misra P., Yadav A. S., “Improving the classification accuracy using recursive feature elimination with cross-validation” *International Journal on Emerging Technologies*, 11 (3), 659-665, 2020
- [28]. Mustaqim A. Z., Adi S., Pristyanto Y., Astuti Y., “The effect of recursive feature elimination with cross-validation (RFECV) feature selection algorithm toward classifier performance on credit card fraud detection” *International Conference on Artificial Intelligence and Computer Science Technology*, Yogyakarta, Indonesia, 2021
- [29]. Chang Y., Chen X., “Estimation of chronic illness severity based on machine learning methods” *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021, 1-13, 2021 Available from: <https://doi.org/10.1155/2021/1999284>
- [30]. Kern C., Klausch T., Kreuter F., “Tree-based machine learning methods for survey research” *Surv Res Methods*, 13(1), 73-93, 2019
- [31]. Sagi O., Rokach L., “Ensemble learning: A survey” *WIREs Data Mining Knowl Discov*, 8(4), 1-18, 2018 Available from: <https://doi.org/10.1002/widm.1249>
- [32]. Mayr A., Binder H., Gefeller O., Schmid M., “The evolution of boosting algorithms. From machine learning to statistical modelling” *Methods Inf Med*, 53(6), 419-427, 2014
- [33]. Friedman J. H., “Greedy function approximation: A gradient boosting machine” *The Annals of Statistics*, 29(5), 1189–1232, 2001
- [34]. Bentéjac C., Csörgő A., Martínez-Muñoz G., “A comparative analysis of gradient boosting algorithms” *Artificial Intelligence Review*, 54, 1937–1967, 2021 Available from: <https://doi.org/10.1007/s10462-020-09896-5>
- [35]. Kim C., Park T., “Predicting determinants of lifelong learning intention using gradient boosting machine (GBM) with grid search” *Sustainability*, 14(9), 5256, 2022 Available from: <https://doi.org/10.3390/su14095256>
- [36]. Ma X., Sha J., Wang D., Yu Y., Yang Q., Niu X.,” Study on a prediction of P2P network loan default based on the machine learning LightGBM and XGboost algorithms according to different high dimensional data cleaning” *Electronic Commerce Research and Applications*, 31, 24-39, 2018 Available from: <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2018.08.002>
- [37]. Dalianis H., “Evaluation metrics and evaluation”, *Clinical Text Mining*, Springer, Cham, Switzerland, 2018 Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-319-78503-5_6
- [38]. Hussain S, Mustafa M. W., Al-Shqeerat K. H. A., Saeed F., Al-rimy B. A. S., “A novel feature-engineered–NGBoost machine-learning framework for fraud detection in electric power consumption data” *Sensors*, 21(24), 8423, 2021 Available from: <https://doi.org/10.3390/s21248423>
- [39]. McNemar Q., “Note on the sampling error of the difference between correlated proportions or percentages” *Psychometrika*, 12(2), 153–157, 1947 Available from: <https://doi.org/10.1007/BF02295996>
- [40]. Prokhorenkova L., Gusev G., Vorobev A., Dorogush A. V., Gulin A., “CatBoost: unbiased boosting with categorical features” *NIPS'18: Proceedings of the 32nd International Conference on Neural Information Processing Systems*, Montréal, Canada, 2018
- [41]. Han L., Yang T., Pu X., Sun L., Yu B., Xi J., “Alzheimer's disease classification using LightGBM and Euclidean distance map” *IEEE 5th Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference*, Chongqing, China, 2021

- [42]. Zheng P., Yu Z., Li L., Liu S., Lou Y., Hao X., Yu P., Lei M., Qi Q., Wang Z., Gao F., Zhang Y., Li Y., “Predicting blood concentration of tacrolimus in patients with autoimmune diseases using machine learning techniques based on real-world evidence” *Front. Pharmacol*, 12, 727245, 2021 DOI: 10.3389/fphar.2021.727245
- [43]. Muzumdar P., Basyal G. P., Vyas P., “An empirical comparison of machine learning models for student’s mental health illness assessment” *Asian Journal of Computer and Information Systems*, 10(1), 1-10, 2022 Available from: <https://www.ajouronline.com/index.php/AJCIS/article/view/6882>
- [44]. Kim E., Han K. S., Cheong T., Lee S. W., Eun J., Kim S. J., “Analysis on benefits and costs of machine learning-based early hospitalization prediction” *IEEE Access*, 10, 32479-32493, 2022 DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3160742



Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi (Research Article)

Makale Doi: **10.17100/nevbiltek.1259668**

Geliş Tarihi:03/03/2023

Kabul Tarihi:30/12/2023



Beypazarı İlçesinin Papilionoidea ve Hesperioidea (Lepidoptera) Fauna Bilgisine Katkılar (Türkiye)

Kağan BOZKURT ¹, Selma SEVEN ÇALIŞKAN ²

¹ *Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara*

ORCID ID: 0000-0001-8027-0913

² *Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara*

ORCID ID: 0000-0003-4406-6768

Öz

Polinasyonda etkin gruplar arasında yer alan kelebekler, habitat kayıplarından en fazla etkilenen böcek gruplarının başında gelmektedir. Böcek takımları arasında en fazla çalışılan gruplardan biri olmasına rağmen Beypazarı'nın kelebekleri hala tam olarak bilinmemektedir. Çalışma alanı olarak seçilen Beypazarı ilçesi, karışık orman, çalılık, bozkır ve ruderal olmak üzere farklı habitat tiplerine sahiptir. Bu çalışmada bölgedeki kelebek türlerinin, özellikle nadir ve kritik türlerin dağılımlarını ayrıntılı bir şekilde incelenmesi amaçlanmış ve makalede 2016-2017 yılları arasında Beypazarı ilçesine yapılan arazi çalışmalarının sonuçları özetlenmiştir. Kelebek örnekleri 33 istasyondan toplanmıştır. Toplanan örneklerin teşhis çalışmaları sonucunda 6 familyaya ait 81 tür tespit edilmiştir. Türlerin familyalara göre dağılımı; Nymphalidae (13), Hesperidae (10), Lycaenidae (24), Papilionidae (3), Pieridae (16), Satyridae (15) olarak belirlenmiştir. 55 tür Beypazarı faunası için yeni kayıttır. Çalışma alanında tespit edilen *Polyommatus cornelius* Türkiye için endemiktir. 80 tür LC (Least Concern) bir tür NT (Near Threatened) kategorisindedir. Bölgede çalı vejetasyonu kelebek çeşitliliği açısından 56 tür ile ilk sırada yer alırken, karışık orman 38 tür ile ikinci sırada yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kelebek; dağılım; habitat; tehlike kategorileri; Ankara.

Contribution to the Knowledge on Papilionoidea and Hesperioidea (Lepidoptera) Fauna of Beypazarı District (Türkiye)

Abstract

Butterflies, which are among the active groups in pollination, are one of the insect groups that are most affected by habitat loss. Although it is one of the most studied groups among insect orders, the butterflies of Beypazarı are still not fully known. Beypazarı district, chosen as the study area, has different habitat types such as mixed forest, bush, steppe and

Sorumlu yazar e-mail: selma@gazi.edu.tr

ruderal. In this study, it was aimed to examine the distribution of butterfly species in the region, especially rare and critical species in detail, and the results of the field studies conducted in Beypazarı district between 2016-2017 were summarized in the article. Butterfly samples were collected from 33 stations. As a result of the identification studies of the collected specimens, 81 species belonging to 6 families were identified. Distribution of species according to families are: Nymphalidae (13), Hesperidae (10), Lycaenidae (24), Papilionidae (3), Pieridae (16), Satyridae (15). 53 species are new records for the Beypazarı fauna. *Polyommatus cornelius* detected in the study area is endemic to Türkiye. 80 types of LC (Least Concern) are in the category of one type of NT (Near Threatened). While the shrub vegetation in the region is in the first place with 56 species in terms of butterfly diversity, mixed forest is in the second place with 38.

Keywords: Butterfly; distribution; habitat; threat categories; Ankara.

1. Introduction

Beypazarı district, which is connected to Ankara province, is located in the Upper Sakarya section of the Central Anatolian region, and some of it is located in the Western Black Sea. Known as a historical life center, Beypazarı's first name was named "Lagania (Rock Peak Country)" coming from the high cliffs in this valley. It is believed that the Luwians, Hittites and Phrygians used the region as their living space. Teke Mountain National Park, İnözü Valley (Natural protected area) [1] and Kirmir Valley (Important Natural Area) [2] are located within the borders of Beypazarı. In addition, 176. 68 Ha. The area was declared as Butterfly Valley Nature Park on 01.04.2016 [3]. Despite this richness, the butterfly fauna of Beypazarı is one of the least researched regions in the Ankara province.

The mixed forest vegetation in Beypazarı is represented by *Pinus nigra* (larch pine), *Pinus brutia* (red pine) and *Quercus pubescens* (hairy oak). Shrub vegetation was formed as a result of the destruction of natural forests by various human activities over time. Steppe is the type of vegetation that dominates the region. It is possible to encounter this vegetation type at all altitudes. Riparian vegetation is seen around the streams in the region and is represented by herbaceous taxa such as *Centaurium erythraea*, *Epilobium hirsutum*, *Mentha longifolia* and *Senecio aquaticus* under the tree formations of *Salix alba*, *Alnus glutinosa* [4].

The emergence of studies on the protection of species in recent years has brought the priority of issues related to the identification and follow-up of rare species. In the order Lepidoptera, many countries produce lists of threatened species [5,6,7,8]. The study of Turkey's butterflies begins with Cramer (1777) in the 18th century. In the following years, studies continued increasingly. The number of known species now is 416 [9 and 10]. Although there are many lepidopter studies on Ankara and its surroundings [11-47], the number of studies in Beypazarı is limited. The first faunal studies of Lepidoptera in Beypazarı were started with Wagener [48] and Reissinger [49]. Koçak [50], was determined a total of 40 species belonging to 37 genera from Papilionoidea and Hesperioidea superfamilies in Beypazarı in his research on the ecology of Lepidoptera in the Beypazarı-Kızılcahamam region. Later, with the study published by Koçak and Kemal [9], the list of species was updated and it was stated that there are a total of 41 species belonging to 27 genera from the Papilionoidea and Hesperioidea superfamilies in Beypazarı.

Although Turkish butterflies are one of the most well-studied groups from past to present, there are still data gaps in some species. In addition, it is seen that climate change and habitat loss cause serious declines in the populations of species. For this reason, the butterfly fauna of Beypazarı was studied in detail, and the distribution of the species with their habitat preferences were investigated in this study.

2. Material ve Method

In the study, 792 samples were collected from 33 different stations in Ankara's Beypazarı district between April-September 2016-2019 were examined (Table 1). Samples were collected with the aid of butterfly net during daylight hours. The samples brought to the laboratory environment in triangular envelopes were softened in softening cups, pinned with standard insect needles, and left to dry by stretching on spreading boards. The dried samples were removed from the spreading boards and placed in the collection boxes together with the label information. The classified samples were identified by comparing them with the relevant literature and museum samples. The literature used to identification of species: Hesselbart et al. [51]; Tshikolovets, V. [52]; Bozano and Weidenhoffer [53]; Sbondoni et al. [54]. Karaçetin and Welch [55] are used for IUCN categories. The identified species are given in the results table with their families and new records for Beypazarı are marked with (*) symbol (Table 2). Collection areas are shown in Figure 1. Google Earth Pro program was used for mapping. Koçak and Kemal [9] have been used for naming the taxa.

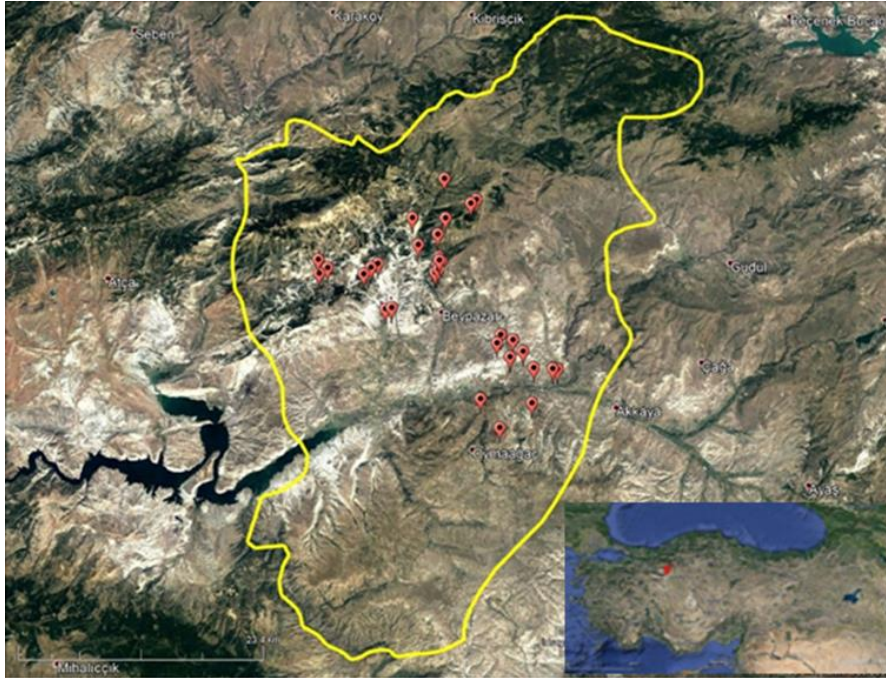


Figure 1. The study area and collection stations

2.1 Habitat types collected

1. Mixed forest vegetation: *Pinus nigra* and *Quercus* sp. dominates.
2. Shrub vegetation: Forest clearings have been replaced by bushes in places. In these habitats, mainly *Pictacia* sp., *Colutea* sp., *Berberis* sp., *Paliurus spina-christi*, *Rhamnus* sp., *Rosa* sp. and *Rubus* sp., *Urtica* sp., *Jasmin* sp. are spreading.
3. Step vegetation: It is common in the study area. Marly soil is dominant in some areas. Plants: *Marrubium* sp., *Salvia* sp., *Allium* sp., *Reseda* sp., *Cirsium* sp., *Gallium* sp. *Anthemis* sp. *Astragalus* sp., *Acanthalimon* sp., *Coronilla* sp., *Eryngium* sp., *Helianthemum* sp., *Euphorbia* sp., *Festuca* sp., *Onobrychis* sp., *Scabiosa* sp., *Phlomis* sp., *Teucrium* sp., *Thymus* sp.
4. Ruderal area: Destroyed road edges and field edges with abundant rubble piles are evaluated in this habitat type. Common plants; *Anchusa* sp., *Sisymbrium* sp., *Cardaria draba*, *Carduus* sp., *Cichorium* sp., *Senecio* sp.

Table 1: Numbers and full names of collecting stations

No	Stations	Coordinate	Altitude	Date	Stations	Coordinate	Altitude	Date
1.	Kelebekler Vadisi Tabiat Parkı	40°11'42.57"N/ 31°54'56.78"E	784m	15.06.2017	18. Bağözü Köyü güneyi	40° 9'25.92"N/ 31°51'35.13"E	702m	08.07.2017
2.	Kelebekler Vadisi Tabiat Parkı	40°11'54.04"N/ 31°55'03.00"E	806m	17.05.2017	19. Bağözü Köyü batısı	40°11'19.94"N/ 31°50'02.08"E	1018m	15.06.2017
3.	Kelebekler Vadisi Tabiat Parkı	40°11'35.56"N/ 31°54'53.45"E	775m	19.04.2017	20. Teke Dağı Milli Parkı	40°14'54.97"N/ 31°57'17.58"E	1473m	29.07.2017
4.	Kelebekler Vadisi Tabiat Parkı	40°11'39.62"N/ 31°54'55.38"E	778m	08.07.2017	21. Teke Dağı Milli Parkı	40°15'0.94"N/ 31°57'30.09"E	1490m	05.08.2017
5.	Kelebekler Vadisi Tabiat Parkı	40°11'47.98"N/ 31°54'58.80"E	798m	28.04.2017	22. Teke Dağı Milli Parkı	40°15'8.58"N/ 31°57'32.27"E	1522m	16.09.2017
6.	Kelebekler Vadisi Tabiat Parkı	40°11'59.37"N/ 31°55'04.29"E	826m	06.07.2019	23. Ankara-Beypazarı yolu	40° 7'22.96"N/ 32° 0'19.78"E	576m	08.04.2016
7.	Kozalan Köyü	40°14'8.26"N/ 31°55'30.67"E	1310m	08.07.2017	24. Ankara-Beypazarı yolu	40°8'3.99"N/ 31°59'20.98"E	590m	08.04.2016
8.	Kozalan yolu	40°13'19.99"N/ 31°54'56.98"E	1118m	08.07.2017	25. Ankara-Beypazarı yolu	40°6'26.37"N/ 32°1'25.71"E	536m	19.04.2017
9.	Hırkatepe Köyü doğusu	40°11'18.68"N/ 31°46'58.23"E	1038m	15.06.2017	26. Ankara-Beypazarı yolu	40°7'16.99"N/ 32°0'43.03"E	585m	19.04.2017
10.	Hırkatepe Köyü doğusu	40°11'21.97"N/ 31°46'58.52"E	1030m	15.06.2017	27. Beypazarı-Ankara yolu	40°08'8.76"N/ 31°59'11.78"E	613m	06.07.2019
11.	Hırkatepe Köyü doğusu	40°12'0.74"N/ 31°46'55.75"E	910m	15.06.2017	28. Beypazarı-Karaşar yolu	40°12'46.68"N/ 31°53'37.43"E	830m	06.07.2019
12.	Dikmen Köyü yolu	40°4'37.71"N/ 32°1'17.55"E	747m	28.04.2017	29. Acısu yolu	40° 7'53.54"N/ 31°59'58.23"E	556m	08.07.2017
13.	Dikmen-Oymaağaç arası	40°3'22.02"N/ 31°59'10.30"E	975m	28.04.2017	30. Boyalı yolu	40°14'9.47"N/ 31°53'13.38"E	920m	06.07.2019
14.	Dibecik Köyü doğusu	40°6'22.04"N/ 32° 2'46.29"E	527m	19.04.2017	31. Dibecik Köyü doğusu	40°6'22.04"N/ 32° 2'46.29"E	527m	19.04.2017
15.	Oymaağaç Köyü kuzeyi	40°4'48.93"N/ 31°57'50.72"E	717m	28.04.2017	32. Bağözü Köyü kuzeyi	40°11'42.57"N/ 31°50'48.34"E	932m	08.07.2017
16.	Yiğirler Köyü	40°16'14.54"N/ 31°55'22.49"E	1190m	28.04.2017	33. Bağözü Köyü güneyi	40° 9'25.92"N/ 31°51'35.13"E	702m	15.06.2017
17.	Bağözü Köyü kuzeyi	40°11'42.57"N/ 31°50'48.34"E	932m	15.06.2017				

3. Result and Discussion

A total of 41 species belonging to 27 genera from Papilionoidea and Hesperioidea superfamilies are known in Beypazarı [48, 49, 50, 54]. As a result of this study, 81 species were identified, 55 taxa are new records for Beypazarı butterfly fauna (Table 2). With this study, the number of Beypazarı butterflies increased to 96.

Table 2. Species list, their natural habitat types, collection stations, and threat category with number species (LC: Least Concern, NT: Near Threatened, SC: Schrub, MF: Mixed forest, SP: Steppe, RU: Ruderal)

Family	Taxon	Collecting station	Number species	IUCN	SC	MF	SP	RU
Hesperidae	<i>Carcharodus lavatherae</i> (Esper, [1783])*	1	1♀	LC	+	-	-	-
	<i>Carcharodus orientalis</i> Reverdin, 1913*	1, 2	2♀, 1♂	LC	+	-	-	-
	<i>Carcharodus alceae</i> (Esper, [1780]) *	3, 5	2♀, 1♂	LC	+	-	-	-
	<i>Erynnis tages</i> (Linnaeus, 1758)	2, 3, 5	1♀, 3♂	LC	+	-	-	-
	<i>Muschampia tessellum</i> (Hübner, [1802]) *	1	2♂	LC	+	-	-	-
	<i>Pyrgus armoricanus</i> (Oberthür, 1910) *	2, 3, 5, 7	2♀, 2♂	LC	+	-	-	+
	<i>Pyrgus malvae</i> (Linnaeus, 1758) *	2, 3	1♀, 1♂	LC	+	-	-	-
	<i>Spialia orbifer</i> (Hübner, [1823]) *	9	1♂	LC	-	+	-	-
	<i>Thymelicus lineolus</i> (Ochsenheimer, 1808) *	11	1♂	LC	-	-	-	+

	<i>Thymelicus sylvestris</i> (Poda, 1761)	1	1♂	LC	+	-	-	-
Papilionidae	<i>Archon apollinus</i> (Herbst, 1798)	13, 16	4♀, 3♂	LC	-	-	+	+
	<i>Iphiclides podalirius</i> (Linnaeus, 1758) *	3	1♀, 1♂	LC	+	-	-	-
	<i>Papilio machaon</i> (Linnaeus, 1758)*	15	3♂	LC	-	-	+	-
Pieridae	<i>Anthocharis cardamines</i> (Linnaeus, 1758) *	2, 3, 5	2♀, 8♂	LC	+	-	-	-
	<i>Anthocharis grueneri</i> (Herrich-Schäffer, [1851])*	3, 5	4♂	LC	+	-	-	-
	<i>Aporia crataegi</i> (Linnaeus, 1758) *	1, 8, 10	4♂	LC	+	+	-	-
	<i>Colias crocea</i> (Fourcroy, 1785)	3, 5, 6, 8, 15, 17, 20, 21, 22, 23, 30, 31, 32	8♀, 17♂	LC	+	+	+	+
	<i>Colias alfacariensis</i> (Ribbe, 1905) *	3, 5, 6, 9, 11, 15, 22, 28	1♀, 13♂	LC	+	+	+	+
	<i>Euchloe ausonia</i> (Hübner, [1804]) *	3, 13, 15, 23	5♀, 8♂	LC	+	-	+	+
	<i>Gonepteryx rhamni</i> (Linnaeus, 1758) *	1, 3, 31	3♀, 3♂	LC	+	-	-	+
	<i>Gonepteryx farinosa</i> (Zeller, 1847) *	3	1♀, 1♂	LC	+	-	-	-
	<i>Leptidea duponcheli</i> (Staudinger, 1871) *	3, 5	2♀, 4♂	LC	+	-	-	-
	<i>Leptidea sinapis</i> (Linnaeus, 1758) *	3, 5, 6, 20	5♀, 2♂	LC	+	+	-	-
	<i>Pieris manni</i> (Mayer, 1851)*	1, 4	2♀, 1♂	LC	+	-	-	-
	<i>Pieris pseudorapae</i> Verity, 1908) *	1, 3, 6, 14	10♀, 14♂	LC	+	-	-	+
	<i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758) *	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13, 14, 15	14♀, 12♂	LC	+	+	+	+
	<i>Pieris brassicae</i> (Linnaeus, 1758) *	1, 3, 6, 9, 10, 14, 18, 20, 21, 24	7♀, 14♂	LC	+	+	+	+
	<i>Pontia edusa</i> (Fabricius, 1777)	4, 6, 8, 11, 12, 13, 18, 23, 27, 27, 28, 29, 30, 32, 33	27♀, 39♂	LC	+	+	+	+
<i>Zegris eupheme</i> (Esper, [1804]) *	12, 13, 15, 26,	4♂	NT	-	-	+	+	
Lycaenidae	<i>Callophrys rubi</i> (Linnaeus, 1758) *	2, 3, 9	4♀, 3♂	LC	+	+	-	-
	<i>Chilades trochylus</i> (Freyer, [1843]) *	5	1♀	LC	+	-	-	-
	<i>Cupido osiris</i> (Meigen, [1829]) *	1, 2, 4, 6, 11, 17, 19, 33	11♀, 18♂	LC	+	+	+	+
	<i>Glaucopsyche lessei</i> Bernardi, 1964)*	1, 2, 17	5♀, 6♂	LC	+	-	-	-
	<i>Glaucopsyche alexis</i> (Poda, 1761) *	1, 2, 3, 5, 9, 12	1♀, 24♂	LC	+	+	+	-
	<i>Lycaena virgaureae</i> (Linnaeus, 1758)	20	4♂	LC	-	+	-	-
	<i>Lycaena tityrus</i> (Poda, 1761)	13, 20, 28	8♀, 6♂	LC	-	+	+	-
	<i>Lycaena phlaeas</i> (Linnaeus, 1761)	7, 13, 20, 22	4♀, 5♂	LC	-	+	+	+
	<i>Lycaena kefersteinii</i> (Gerhard, [1850]) *	9	1♂	LC	-	+	-	-
	<i>Plebejus modicus</i> (Verity, 1935)*	1, 2, 9, 13	2♀, 4♂	LC	+	+	+	-
	<i>Polyommatus anteros</i> (Freyer, [1838]) *	2	2♀, 6♂	LC	+	-	-	-
	<i>Polyommatus agestis</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	2, 4, 5, 9, 17, 20	18♀, 6♂	LC	+	+	+	-
	<i>Polyommatus bellis</i> (Freyer, [1842])	17	1♂	LC	+	-	-	-
<i>Polyommatus bellargus</i> (Rottemburg, 1775) *	2	1♂	LC	+	-	-	-	
<i>Polyommatus daphnis</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	8, 20	1♀, 1♂	LC	-	+	-	-	

	<i>Polyommatus amandus</i> (Schneider, 1792) *	1	1♂	LC	+	-	-	-
	<i>Polyommatus cornelius</i> (Freyer, [1850]) *	8	2♀	LC	-	+	-	-
	<i>Polyommatus thersites</i> (Canterer, [1835])	2, 3, 20, 22	5♀, 9♂	LC	+	+	-	-
	<i>Polyommatus icarus</i> (Rottemburg, 1775) *	1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 17, 18, 20, 21, 22, 27, 28, 30, 32	50♀, 82♂	LC	+	+	+	+
	<i>Pseudophilotes vicrama</i> (Moore, 1865) *	3	1♂	LC	+	-	-	-
	<i>Satyrrium ilicis</i> (Esper, [1779]) *	9, 11	2♂	LC	-	+	-	+
	<i>Satyrrium spini</i> (Fabricius, 1787) *	1, 33	5♀, 3♂	LC	+	-	+	-
	<i>Tomares nogelii</i> (Freyer, [1851])	2	3♀, 4♂	LC	+	-	-	-
	<i>Turanana endymion</i> (Freyer, [1850]) *	27	1♀	LC	-	-	+	-
Nymphalidae	<i>Libythea celtis</i> (Laicharting, 1782) *	3	1♀	LC	+	-	-	-
	<i>Argynnis pandora</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775) *	1, 22	2♀, 1♂	LC	+	+	-	-
	<i>Argynnis aglaja</i> (Linnaeus, 1758) *	20	1♂	LC	-	+	-	-
	<i>Inachis io</i> (Linnaeus, 1758) *	1, 3, 14	2♀, 1♂	LC	+	-	+	-
	<i>Issoria lathonia</i> (Linnaeus, 1758) *	2, 5, 8, 9, 13, 20, 21, 22, 23, 24	6♀, 9♂	LC	+	+	+	+
	<i>Limenitis reducta</i> (Staudinger, 1901) *	10	6♂	LC	-	+	-	-
	<i>Melitaea phoebe</i> (Goeze, 1779) *	11	1♀, 2♂	LC	+	-	-	-
	<i>Melitaea didyma</i> (Esper, [1779]) *	1, 2, 8, 9,	6♀, 4♂	LC	+	+	-	-
	<i>Melitaea syriaca</i> Rebel, 1905*	2, 33	5♀, 2♂	LC	+	-	+	-
	<i>Nymphalis polychloros</i> (Linnaeus, 1758) *	3	1♀	LC	+	-	-	-
	<i>Polygonia egea</i> (Cramer, [1775])	1, 3, 5	3♀	LC	+	-	-	-
	<i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus, 1758)	9, 23, 24, 27, 28	11♀	LC	-	+	-	+
	<i>Vanessa atalanta</i> (Linnaeus, 1758) *	5	1♀	LC	+	-	-	-
	Satyridae	<i>Arethusana arethusa</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	20, 21	2♀, 2♂	LC	-	+	-
<i>Brintesia circe</i> (Fabricius, 1775)		7, 8, 20, 21	9♀, 7♂	LC	-	+	-	+
<i>Chazara briseis</i> (Linnaeus, 1764)		6, 20, 21, 27, 29, 30,	6♀, 2♂	LC	-	-	-	+
<i>Coenonympha leander</i> (Fabricius, 1787) *		2	14♀, 20♂	LC	+	-	-	-
<i>Coenonympha pamphilus</i> (Linnaeus, 1758)		2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 21	8♀, 21♂	LC	+	+	+	+
<i>Esperarge clymene</i> (Fabricius, 1787)		20	1♀	LC	-	+	-	-
<i>Hipparchia aristaeus</i> (Bonelli, 1826)		8, 9, 33	1♀, 3♂	LC	-	+	+	-
<i>Hipparchia syriaca</i> (Staudinger, 1871) *		20	5♀, 8♂	LC	-	+	-	-
<i>Hyponephele zuvandica</i> (Samodurov & Koroljev, 1996)		20	1♀	LC	-	+	-	-
<i>Kirinia roxelana</i> (Cramer, [1777]) *		20	1♀, 2♂	LC	-	+	-	-
<i>Lasiommata megera</i> (Linnaeus, 1767) *		6		LC	+	-	-	-
<i>Maniola jurtina</i> (Linnaeus, 1758)		1, 8, 11	4♂	LC	+	+	-	+
<i>Melanargia larissa</i> (Geyer, [1828])		6, 7, 8, 20,	12♀, 8♂	LC	+	+	-	+
<i>Proterebia afra</i> (Fabricius, 1787) *		5, 12, 13, 15,	5♀, 2♂	LC	+	-	+	-

<i>Pseudochazara mniszechii</i> (Herrich-Schäffer, [1851])	30	1♀, 1♂	LC	-	-	-	+
--	----	--------	----	---	---	---	---

In this study, a total 51 genera and 81 species to belonging to 2 superfamily and 6 families were determined (13 species belonging to 9 genera from the Nymphalidae, a total of 10 species belonging to 6 genera from the Hesperidae, a total of 24 species belonging to 11 genera from the Lycaenidae, a total of 3 species belonging to 3 genera from the Papilionidae, a total of 16 species belonging to 9 genera from the Pieridae, a total of 15 species belonging to 13 genera from the Satyridae). Considering the percentage distribution of families, Lycaenidae takes the first place with a rate of 30%. When compared with the number of species of butterfly families in Türkiye, this result is consistent with the literature data (Figure 2).

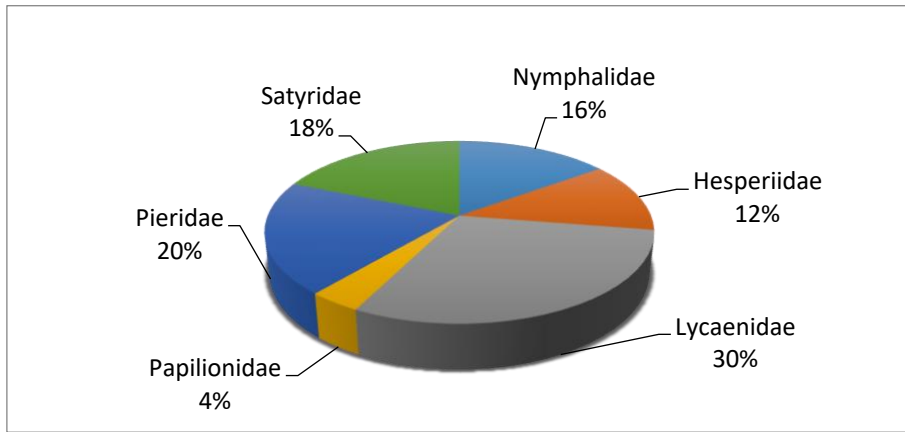


Figure 2. Percentage of families to which species from research area belong

The months with the highest number of individuals are April and July, and the months of May and June follow each other with close numbers. The number of species decreased in August (Figure 3).

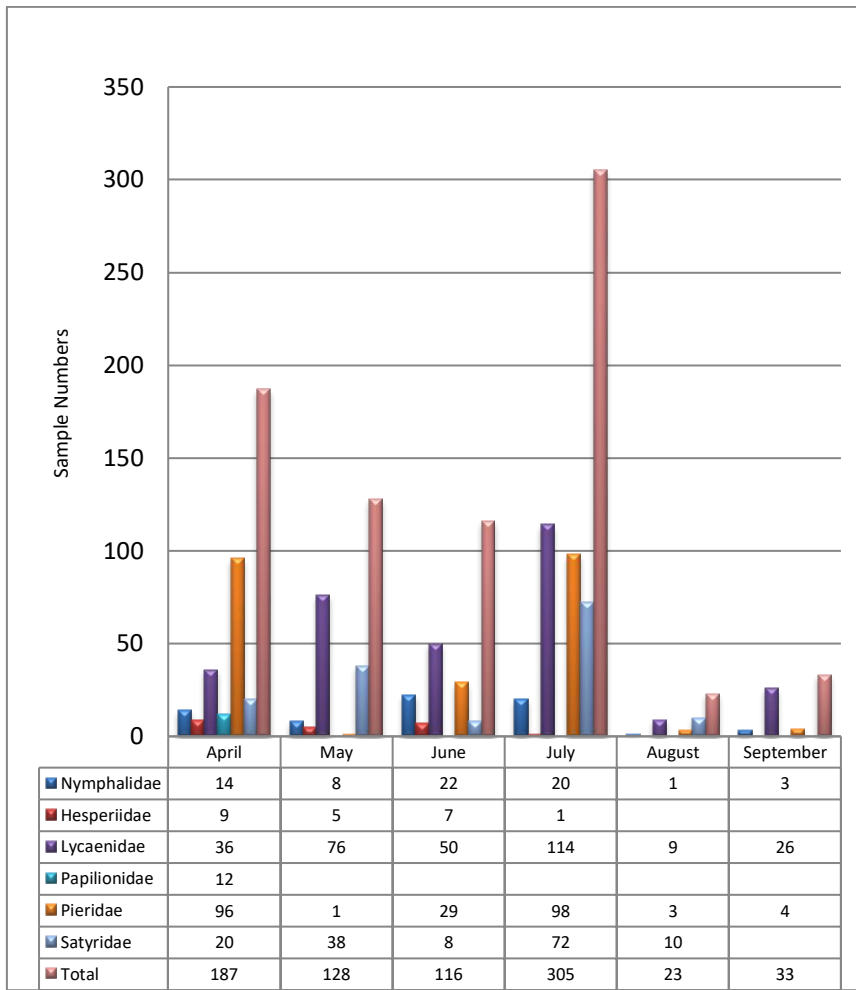


Figure 3. Distribution of the sample numbers of the detected families by months

While this is an expected outcome, the significant decrease in the number is not considered a normal case, and it is believed that the result of this decrease is the insufficiency of the field studies conducted in August. Weather conditions during the field studies also affect the number of individuals.

Of 792 samples collected from 33 localities, 68 belong to Nymphalidae, 22 belong to Hesperiidae, 311 belong to Lycaenidae, 12 belong to Papilionidae, 231 belong to Pieridae, 148 belong to Satyridae (Table 3).

Table 3. Male, female, and total numbers of specimens belonging to the families identified

Family	Male	Female	Total
Nymphalidae	27	41	68
Hesperiidae	13	9	22
Lycaenidae	188	123	311
Papilionidae	7	5	12
Pieridae	146	85	231
Satyridae	81	67	148

In the study, it is seen that the diversity of butterfly species of the shrub vegetation is in the first place with 56 species (Figure 4). Mixed forest ranks second with 38 species.

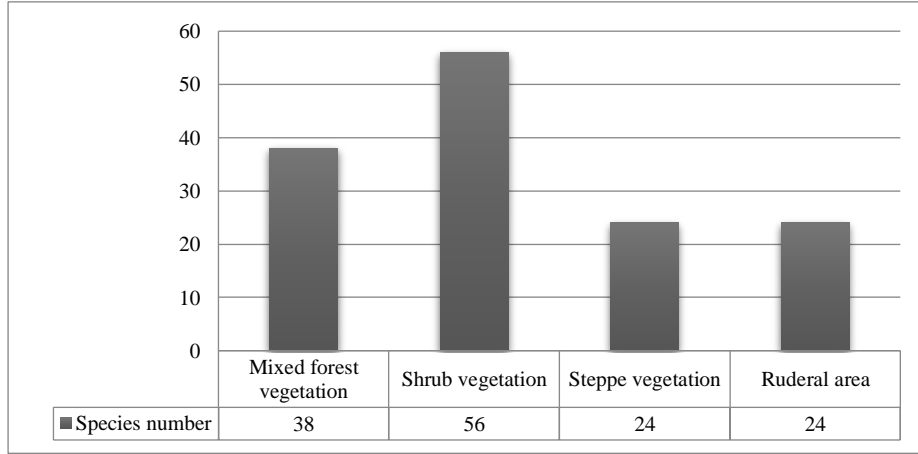


Figure 4. Habitat types and species numbers

4. Conclusion

Çimen [4] states in his study that steppe habitats are dominant in Beypazarı. The data in our study show that although steppe vegetation covers a large part of the study area, it does not adequately support butterfly diversity. Species diversity is higher in valleys with shrub vegetation, which provide sheltered areas for butterflies unlike steppe vegetation.

Polyommatus icarus has the highest population density in the area. This species is followed by *Coenonympha leander* and *Pontia edusa*, respectively. When the number of localities is evaluated, *P. icarus* is found in 18 localities; *Pontia edusa* in 15 localities; *Colias crocea* in 13 localities, *Coenonympha pamphilus* in 12 localities; *Pieris rapae* was detected in 11 localities. When these numbers are interpreted together, *P. icarus* was the most common species in the study area. Indeed, this species is a cosmopolitan species. *Coenonympha leander*, known only from Kalecik and Kızılcahamam [9] districts in Ankara, was detected although from a single locality in Beypazarı, and it ranks second in population density in the area with 34 individuals.

Polyommatus cornelius detected in the study area is endemic to Turkey. 80 species are LC, one species is in the NT category. *Zegris eupheme*, which is in the NT category, was detected with one individual in 4 different localities in Beypazarı. The habitat of this species, whose habitat preference is steppe, is the dominant vegetation in Beypazarı. Despite this, the fact that the population is represented by an individual reveals the necessity of urgent conservation studies for the species in the area

5. References

- [1]. Ankara Valiliği, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, “İlimiz Beypazarı İlçesi İnözü Vadisi Doğal Sit Alanının Statüsünün Nitelikli Doğal Koruma Alanı Olarak Tescili” <https://ankara.csb.gov.tr/ilimiz-beypazarı-ilçesi-inozu-vadisi-dogal-sit-alaninin-statusunun-nitelikli-dogal-koruma-alani-olarak-tescili-duyuru-411349>, Data accessed March 2, 2023.
- [2]. Eken, G., Bozdoğan M., İsfendiyaroğlu S., Kılıç D.T. & Lise Y. (eds.) “Türkiye’nin Önemli Doğa Alanları (Key Biodiversity Areas of Turkey)” Ankara, Türkiye, Doğa Derneği, 2006
- [3]. T.R. Tarım ve Orman Bakanlığı, 9.Bölge Müdürlüğü, “Ankara - Kelebekler Vadisi Tabiat Parkı”, [https://bolge9.tarimorman.gov.tr/Menu/68/Ankara-Kelebekler-Vadisi-Tabiat Parki](https://bolge9.tarimorman.gov.tr/Menu/68/Ankara-Kelebekler-Vadisi-Tabiat-Parki), Data accessed March 2, 2023.

- [4]. Çimen, A. Ö., “Keltepe ve Sığır Yatağı Tepeleri ile (Beypazarı) çevresinin florası, Yüksek Lisans Tezi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-163, 2018
- [5]. Van Swaay, C.A.M. and Warren, M.S., “Red Data book of European butterflies (Rhopalocera)”. Nature and Environment, No. 99, Council of Europe Publishing, Strasbourg, 1999
- [6]. Van Swaay, C.A.M., Cuttelod, A., Collins, S., Maes, D., López Manguira, M., Šašic, M., Settele, J., Verovnik, R., Verstrael, T., Warren, M., Wiemers, M. ve Wynhoff, I., “European red list of butterflies. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2010
- [7]. Koçak A.Ö. & Seven, S., “A tentative list of the threatened butterflies in Turkey. Centre for Entomological Studies Misc.Pap., cilt.52, ss.3-8, 1998
- [8]. Verovnik, R., Wiemers, M., Balletto, E., Coutsis, J., Karsholt, O., Kudrna, O., Lopez Manguira, M., Šašic, M., van Nieukerken, E.J. and Wahlberg, N., “Revised list of European Butterflies. Taxonomy Commission of Butterfly Conservation Europe” 2010
- [9]. Koçak, A.Ö. ve Kemal, M., “A synonymous and distributional list of the species of the Lepidoptera of Turkey” Centre for Entomological Studies Memoirs 8: 1-487, 2018
- [10]. Çalışkan Seven S. & Hasbenli A., “The first record of endangered *Lycaena helle* ([Denis & Schiffermüller], 1775) for Turkey (Lepidoptera: Lycaenidae)”. Shilap-Revista De Lepidopterologia, Cilt.50, sa.197, ss.51-55, 2022
- [11]. Lederer, J., “Excursion lepidopterologique en Anatolie” Annales de la Société Entomologique de Belgique 9: 49-81, 1865
- [12]. Rebel, H., “Neue Lepidopteren aus Ankara” Z.öst. EntVer. 18: 23-24, 1933a
- [13]. Rebel, H., “Lepidopteren aus der Umgebung Ankaras. 1.Teil” Die Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, 47: 1-13, 1Pl., 2 figs., 1933b
- [14]. Rebel, H., “Lepidopteren aus der Umgebung Ankaras. 2.Teil” Die Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. 46: 1-13, 1Pl., 2 figs., 1936
- [15]. Rebel, H., “Description de trois espèces nouvelles de Microlépidoptères d’Ankara” Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, 16: 442-444, 1937
- [16]. Schurian, K.G. und Hofmann, P., “Entomologische Aufsammlungen und Beobachtungen bei Kızılcahamam (Türkei)” Nachrichten Entomologische Vereins Apollo N. F., 3 (4), 111-127, 1983
- [17]. Schurian, K.G., Hofmann, P.J. und Reif, A., “Ergänzungen zur Tagfalterfauna von Kizilcahamam (Türkei)” Nachrichten Entomologische Vereins Apollo N.F., 12 (1), 57- 67, 1991
- [18]. Battenfeld, P., 1978. Sammelergebnisse von Ankara. Nachrichten Entomologische Vereins Apollo N.F., 3:44-47.
- [19]. Koçak, A.Ö., “Ayaş Dağları Lepidopterleri Hakkında” Centre for Entomological Studies, Priamus 4 (1/2): 66-77, 1986
- [20]. Koçak, A.Ö., “On the Lepidoptera of Ayaş District (C.Anatolia)” Centre for Entomological Studies, Priamus 4 (4): 150-161, 1989
- [21]. Koçak, A.Ö., “Kızılcahamam Lepidoptera faunasına katkılar-I” Centre for Entomological Studies, Miscellaneous Papers 8: 1-4, 1990a
- [22]. Koçak, A.Ö., “Additional notes to the Lepidoptera fauna of Işık Dağı (N.Turkey): filo. Pap., 5, 4-8. Kızılcahamam (Prov. Ankara, Türkiye)” Centre for Entomological Studies, Priamus 6 (3/4): 97-113, 1990b
- [23]. Koçak, A.Ö., “An annotated list of the Lepidoptera collected from Işık Dağı (N. Turkey) in 1988” Centre for Entomological Studies, Miscellaneous Papers 3, 1-7, 1990c
- [24]. Koçak, A.Ö., “Additional faunistical and ecological notes to the Lepidoptera of Ayaş district (Central Turkey)” Centre for Entomological Studies, Miscellaneous Papers 4: 3-7, 1990d
- [25]. Koçak, A.Ö., “Über Lepidopterenfauna von Kızılcahamam mit taxonomischen Notizen (Lepidoptera)” Centre for Entomological Studies, Miscellaneous Papers 9: 1- 10, 3 figs., 1991
- [26]. Koçak,A.Ö., “M. ve W. Glaser tarafından Kızılcahamam'dan toplanan Lepidopterlerin listesi-I” Centre for Entomological Studies, Miscellaneous Papers 14: 6-8; 15: 1-8, 1992
- [27]. Koçak A. Ö., Seven S., “*Anthocharis cardamines* (Linnaeus) türünün erken gelişme safhaları üzerine bir çalışma (Lepidoptera, Pieridae)” Centre For Entomological Studies Miscellaneous Papers, Cilt.8, Ss.5-7, 1990
- [28]. Koçak, A.Ö. ve Seven, S., “*Euchloe ausonia* türünün erken gelişme safhaları üzerine bir çalışma (Lepidoptera, Pieridae)” Centre for Entomological Studies, Miscellaneous Papers 8: 5-7, 1990b
- [29]. Koçak A. Ö., Seven S., “Faunistisch-ökologische Notizen über Tagfalterfauna von Kızılcahamam (Prov.Ankara, Türkiye) (Lepidoptera)” Centre for Entomological Studies Priamus, cilt.5, sa.4, ss.105-122, 1991

- [30]. Koçak A. Ö., Seven S., “Lepidopterlerin erken gelişme safhaları ve beslenme biyolojisine katkılar-I” Centre for Entomological Studies Priamus, cilt.5, sa.4, ss.149-156, 1991
- [31]. Koçak A. Ö., Seven S., “Über die Tagfalterfauna des Gebirges Hodulca bei Kızılcahamam (Prov.Ankara,Türkei)” Centre For Entomological Studies, Priamus, cilt.6, ss.97-113, 1993
- [32]. Koçak, A.Ö. ve Seven, S., “Anadolunun diurnal Lepidoptera birlikleri ve ekolojisi” Centre for Entomological Studies Priamus 8(3/4): 53-162, 1996
- [33]. Koçak A. Ö., Seven S., “On the Papilionoidea and Hesperioidea fauna of the Mount Karyağdı Turkey (Lepidoptera)” Centre For Entomological Studies Miscellaneous Papers, cilt.53, sa.54, ss.1-12, 1998.
- [34]. Koçak, A.Ö. Seven S. & Kemal, M., “Tomares (nogelii) dobrogensis ssp.uighurica (ssp.n.) [in] Koçak, A., Enkhre vilayetindeki kepineklirining sinonumik tizimliği (Lepidoptera)” Centre for Entomological Studies Ankara, Miscellaneous Papers, cilt.67, sa.69, ss.14, 2000
- [35]. Koçak, A.Ö. ve Kemal, M., “Lepidoptera coğrafyası üzerine araştırmalar 1. Ankara vilayeti kelebeklerinin zoocoğrafik analizi” Centre for Entomological Studies, Priamus 10 (3/4): 105-111, 2001
- [36]. Koçak, A.Ö. ve Kemal, M., “Synonymical and distributional list of the species of Ankara Province (Central Turkey) (Lepidoptera)” Centre for Entomological Studies, Priamus 12 (1): 1-32, 2007
- [37]. Seven [Çalışkan] S., “The ecology and fauna of diurnal Lepidoptera for Kızılcahamam Kocaçay Valley” Centre for Entomological Studies Priamus , cilt.7, sa.1, ss.3-62, 1994
- [38]. Seven [Çalışkan] S., “Kuzey Anadolu’dan bir Melitaea cinxia formu hakkında” Centre for Entomological Studies, Miscellaneous Papers 26: 6–8, 1996
- [39]. Seven [Çalışkan] S., “Kırkkale Lepidoptera faunası ekolojisi ve taksonomisi üzerine araştırmalar” Centre for Entomological Studies, Priamus 10 (1/2): 1-101, 2000
- [40]. Seven [Çalışkan] S., “Contribution to the knowledge on Papilionoidea and Hesperioidea (Lepidoptera) Fauna of İdris Mountain (Turkey)” Acta Entomologica Slovenica 13(2): 127-144, 2005
- [41]. Seven [Çalışkan] S., “Preliminary Work on Rhopalocera and Heterocera Fauna of Çubuk Districts Ankara Province North Turkey” Gazi University Journal of Science, cilt.27, sa.3, ss.891-895, 2014
- [42]. Seven [Çalışkan] S., “Comparative Analysis of Habitat Preferences of the Diurnal Lepidoptera of Tuz Lake, Turkey” Acta Zoologica Bulgarica, Cilt.69, Sa.1, Ss.49-54, 2017
- [43]. Seven [Çalışkan] S., Koçak M. K., “Additions to the local faunas of the diurnal Lepidoptera in the Province of Ankara (North Turkey)” Centre for Entomological Studies, Miscellaneous Papers cilt.62, ss.1-7, 2000a.
- [44]. Seven [Çalışkan] S., Koçak M. K., “Additions to the diurnal lepidoptera fauna of the districts Çubuk and Kalecik (Ankara Prov. North Turkey)” Centre for Entomological Studies, Miscellaneous Papers, cilt. 63, ss.1-5, 2000b
- [45]. Seven [Çalışkan] S., Hüseyinoğlu Y., Kemal Koçak M., Özdemir M., “Recent collections of the diurnal Lepidoptera of the Soğuksu N.P. Işık Dağı (Kızılcahamam, Ankara Prov., N.Turkey)” Centre for Entomological Studies Ankara, Miscellaneous Papers, cilt. 64, ss.1-6, 2000
- [46]. Seven [Çalışkan] S., Bakowski M., “The contributions for Lepidoptera Fauna of Soğuksu National Park, (Ankara)” Centre for Entomological Studies, Priamus , cilt.7, sa.4, ss.156-170, 1996
- [47]. Torun, Ö. and Çalışkan, S. S., “Caterpillar (Lepidoptera) communities on oak (Quercus pubescens) in Ankara Province (Turkey)”, Turkish Journal of Entomology, 40 (3): 281-290, 2016
- [48]. Wagener, S., “Zwei neue Melanargia-Formen aus Anatolien (Lepidoptera: Satyridae)”, Atalanta 14(4): 247-299, 8 Taf., 4 Tab., 1983
- [49]. Reissinger, E.J. “Die geographisch-subspezifische Gliederung von Colias alfacariensis Ribbe, 1905 unter Berücksichtigung der Migrations-verhältnisse (Lepidoptera, Pieridae)”, Neue entomologische Nachrichten 26:5-351, Pls, 1989
- [50]. Koçak,A.Ö., “Über die Schmetterlinge von Beypazarı (Prov. Ankara, Türkei). Centre for Entomological Studies Priamus” 6 (3/4): 113-131, 1993
- [51]. Hesselbarth, G., Van Oorschot, H. und Wagener, S., “Die Tagfalter der Türkei unter Berücksichtigung der angrenzenden Länder”, Vol. 1+2: 1354 pp, Vol. 3: 847 pp., 1995
- [52]. Tshikolovets, V. V., “Butterflies of Europe and Mediterranean area. Czech Republic: Tshikolovets Publications”, 544 pp., 2011
- [53]. Bozano, G.C., Weidenhoffer, Z., “Guide to the Butterflies of the Palearctic Region: Lycaenidae 3: Theclineae, tribes Tomarini, Aphnaeini and Theclini (partim)”, Omnes Artes, 97pp., 2007
- [54]. Sbordoni, V.; Cesaroni, D.; Coutsis, J.G. “[Edt. Bozano, G.C.], Guide to the Butterflies of the Palearctic Region: Satyrinae 5: Tribe Satyrini. Satyrus, Minois, Hipparchia”, Omnes Artes, 134pp., 2018

- [55]. Karaçetin, E. ve Welch, H. J., “Türkiyedeki kelebeklerin kırmızı kitabı”, Doğa Koruma Merkezi, Ankara, Türkiye, 124 s. 2011



Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi (Research Article)

Makale Doi: **10.17100/nevbiltek.1336873**

Geliş Tarihi:02/08/2023

Kabul Tarihi:05/12/2023



***Malacosoma* sp. (Lepidoptera: Lasiocampidae) ile İlişkili Kültüre Edilebilir Bağırsak Bakteri Toplulukları: İzolasyon ve 16S rRNA Dizileme Analizi ile Tanımlama**

Ali Sevim ¹

¹Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kırşehir

ORCID ID: 0000-0003-2472-599X

Öz

Pek çok hayvan ve bitki vücutlarının içerisinde simbiyotik mikroorganizmalara sahiptir ve bu ortaklar arasında yakın etkileşimler meydana gelmektedir. Böcekler ise en büyük hayvan grubu oluşturmaktadırlar ve zorunlu mutualizm'den fakültatif parazitizm'e kadar değişen çeşitli endosimbiyotik ilişkileri içermektedirler. Böceklerdeki endosimbiyotik bakterilerin beslenme, üreme, savunma, iletişim, davranış ve gelişim gibi pek çok farklı rolleri bulunmaktadır. Bu çalışmada böceklerdeki simbiyotik bakterileri tanımlamak için model organizma olarak *Malacosoma* sp. (Lepidoptera: Lasiocampidae) seçilmiştir. Bu böceğin larvalarında yer alan bakteriler izole edilmiş ve 16S rRNA sekans analizi ile tanımlanmıştır. Toplam altı adet bakteri izole edilmiş ve bunlar *Staphylococcus* sp. MM-1, *Micrococcus* sp. MM-2, *Rhodococcus* sp. MM-3, *Arthrobacter citreus* MM-4, *Bacillus* sp. MM-5 ve *Pseudomonas* sp. MM-6 olarak tanımlanmıştır. Elde edilen sonuçların böcek-bakteri ilişkilerinin belirlenmesinde ve böceklerdeki endosimbiyotik bakterilerinin rollerinin aydınlatılmasında faydalı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Malacosoma* sp.; Bakteri; Simbiyosis; 16S rRNA

Culturable gut bacterial communities associated with *Malacosoma* sp. (Lepidoptera: Lasiocampidae): Isolation and identification by 16S rRNA sequence analysis

Abstract

Many animals and plants have symbiotic microorganisms within their bodies, and these partners exhibit close interactions. Insects constitute the largest group of animals and contain various endosymbiotic relationships ranging from obligatory mutualism to facultative parasitism. Endosymbiotic bacteria in insects have many different roles such as nutrition, reproduction, defense, communication, behavior, and development. In this study, *Malacosoma* sp. (Lepidoptera: Lasiocampidae) was selected as the model organism to identify culturable symbiotic bacteria in this insect. The bacteria contained in the larvae of this insect were isolated and identified by 16S rRNA sequence analysis. A total of six bacteria were isolated and identified as *Staphylococcus* sp. MM-1, *Micrococcus* sp. MM-2, *Rhodococcus* sp. MM-3, *Arthrobacter citreus* MM-4, *Bacillus* sp. MM-5 and *Pseudomonas* sp. MM-6. It is thought that the obtained results will be useful in determining the insect-bacteria relations and elucidating the roles of endosymbiotic bacteria in insects.

Keywords: *Malacosoma* sp.; Bacteria; Symbiosis; 16S rRNA

Sorumlu yazar e-mail: ali.sevim@ahievran.edu.tr

1. Giriş

Böcekler pek çok farklı mikroorganizma ile simbiyotik ilişki içerisinde bulunabilmektedir. Fungusları, bakterileri ve nematodlar gibi mikroorganizmaları içeren böceklerdeki bu simbiyontlar böceklerin bağırsağında, vücut boşluklarında veya hücrelerinde yer almaktadır. Böceklerle ilişkili simbiyontların beslenme, doğal düşmanlardan korunma, ileri gelişim, davranış, üreme ve iletişim gibi pek çok farklı rolleri bulunmaktadır. Böceklerdeki simbiyotik ilişkiler mutualistik, kommensal, parazitik veya rekabetçi olabilmektedir [1-2]. Örneğin afidelerde yer alan maya benzeri simbiyontlar zorunlu bazı amino asitlerin sentezinden ve konak böceğe vitamin desteğinin sağlanmasından sorumludur [3]. Böceklerde yer alan ve fakültatif simbiyontlardan olan *Pseudomonas* konak böceğin sindirilen pestisitlerden kurtulmasına yardımcı olmaktadır [4]. Ek olarak böceklerde yer alan hücre içinde yaşamaya uyum sağlamış endosimbiyont bakterisi *Wolbachia* enfekte konağın üremesini değiştirme yeteneğine sahiptir [5].

Böceklerdeki simbiyotik mikroorganizmaların yukarıda sayılan rollerine ilave olarak bu bakterilerin modifiye edilerek özellikle zararlı böceklerin mücadelesinde kullanıma potansiyelleri bulunmaktadır. Örnek olarak yüksek oranda insektisit direnci geliştirmiş zararlı böceklerin bağırsak sistemlerindeki pestisit detoksifikasyonundan sorumlu bakterilerin sayısal olarak azaltılması ile insektisitlere daha duyarlı böcek popülasyonlarının oluşturulması verilebilir[4]. Yine özellikle bakteri simbiyontlarının genetik mühendisliği yöntemleri ile modifiye edilmesi (böcekleri öldüren insektisidal proteinlerin üretilmesi gibi) ve tekrar konağa verilmesi ile zararlı böceklerin kontrol altına alınması mümkün olabilmektedir [6]. Örnek olarak Beard vd. [7] Chagas hastalığı vektörünün (*Rhodnius prolixus* Stal (1859) (Hemiptera: Reduviidae) simbiyotik bakterisini konak bağırsağında anti-tripanzomal bir etmen ifade edecek şekilde modifiye etmişlerdir. Böcek bağırsağında yaşayan simbiyotik bakterilerin kültüre alınması, *in vitro* çoğaltılması ve tekrar besin ile konak böceğe verilmesi ile konak böceğin ölümünün sağlandığı çalışmalar da bulunmaktadır [8-9]. Buradaki amaç simbiyotik bakterilerin böcek bağırsağında hızlı bir şekilde çoğalmasını sağlamaktır. Son olarak üremeden sorumlu bazı simbiyotik bakterilerin böceklerde sayısal olarak azaltılması veya yok edilmesi ile konak böceğin üreme yeteneğinin son derece sınırlandırılması mümkün olabilmektedir [10]. Bunların haricinde entomopatojenik bakteriler zararlı böceklerin mücadelesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve böcekler bu bakterilerin izolasyonu için iyi birer kaynak oluşturmaktadır [11-12].

Bu anlamda böceklerde yer alan simbiyotik bakterilerin izole edilmesi, tanımlanması ve özellikle konak böcekteki rollerinin belirlenmesi hem temel bilimler açısından hem de yeni böcek mücadele sistemlerinin geliştirilmesi bakımından son derece önemlidir. Bu amaç doğrultusunda gerçekleştirilecek ilk adım simbiyotik bakterilerin izole edilmesi ve tanımlanması olacaktır. Bu çalışmada *Malacosoma* sp. (Lepidoptera: Lasiocampidae) tarım ve ormancılık açısından önemli türleri içerdiği için model organizma olarak seçilmiştir. Bu böceğin larvalarında yer alan kültüre edilebilir simbiyotik bakteriler izole edilmiş ve 16S rDNA dizileme analizi ile tanımlamaları yapılmıştır. Laboratuvarımızda bu böceğin kültüre alınması için gerekli çalışmalar ise devam etmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1 Larva örneklerinin toplanması

Malacosoma sp. larvaları 2020 yılının Mayıs ayında Kırşehir il sınırları içerisinde toplanmıştır. Toplanan larvalar bir miktar besin (konukçu yaprakları) ile kapağı delinmiş plastik kutular içerisinde konularak laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvarında iki gün beslendikten sonra sağlıklı 3-4. evre larvalar bakteri izolasyonunda kullanılmıştır.

2.2 Larvaların tür tayini

Toplanan larva örnekleri morfolojik olarak tanımlanmış ve ayrıca morfolojik tanımlamayı doğrulamak için sitokrom oksidaz (alt ünite I) (COI) gen bölgesinin kısmi dizin analizi (yaklaşık 620 bp) yapılmıştır [13]. Larva örneklerinden toplam DNA izolasyonu DNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen, Germantown, USA) kiti kullanılarak üretici firmanın önerileri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. İzole edilen DNA örnekleri kullanana kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir. Genomik DNA izolasyonundan sonra, COI genini yaklaşık 620 bp'lik kısmi LCO1490-5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATGG-3 ve HCO2198-5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3' primerleri ile PCR yardımıyla çoğaltılmıştır [14]. PCR koşulları Sevim ve Sevim [15] çalışmasında belirtilen şartlara göre ayarlanmıştır. PCR işleminden sonra, elde edilen PCR ürünleri etidyum bromür içeren %1'lik agaroz jelde marker ile yürütülmüş ve UV ışığı altında görüntülenmiştir. Doğru tespit edilen bantlar MACROGEN (Hollanda) firmasında dizin analizine tabi tutulmuştur.

2.3. Bakteri izolasyonu

Bakteri izolasyonu toplanan larva örneklerinden (3-4. evre) yapılmıştır. Toplam olarak 10 adet sağlıklı larva kullanılmıştır. Larvalar ilk olarak %70'lik etanol ile 2-3 dk yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuş ve ardından üç kere steril saf su ile yıkanmıştır. Daha sonra larvalar 3 ml steril nutrient broth (Difco, NJ, USA) içeren deney tüplerine alınarak homojenizatör yardımıyla tamamen homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenat 2 katlı steril tülbent ile süzülükten sonra 10^{-1} 'den 10^{-8} 'e kadar seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. Daha sonra her bir dilüsyondan 100 µl alınarak nutrient agar (NA) besiyerine yayma ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petriyeler 30°C'de iki gün boyunca karanlıkta inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda farklı renk ve görünüme sahip olan koloniler seçilerek ayrı bir NA besiyerine çizgi ekimleri yapılarak saflaştırılmıştır. Saflaştırılan koloniler -20°C'de %20'lik gliserol içerisinde daha sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere muhafaza edilmiştir [16].

2.4. 16S rRNA dizin analizi

İzole edilen bakterileri moleküler düzeyde tanımlamak için 16S rDNA gen bölgesinin dizileme analizi yapılmıştır. Bu amaçla bakteriyel izolatlardan total genomik DNA izolasyonu "All prep bacterial DNA" (Qiagen, Germantown, USA) kiti kullanılarak üretici firmanın önerileri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. İzole edilen DNA'lar kullanana kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir. Bu izole edilen genomik DNA'lardan 16S rDNA gen bölgesi 27F (5'-AGAGTTTGA TCMTGGCTCAG-3' ve 1492L (5'-GGYTACCTTGTTACGACTT-3') (Macrogen) primerleri kullanılarak PCR yardımıyla çoğaltılmıştır. PCR reaksiyonları Demirci ve ark. [16] çalışmasında kullanılan şartlar doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Çoğaltılan PCR ürünleri etidyum bromür içeren %1'lik agaroz jelde marker ile yürütülmüş ve UV ışığı altında görüntülenmiştir. Doğru tespit edilen bantlar MACROGEN (Hollanda) firmasında dizin analizine tabi tutulmuştur. Dizinin analizinde 518F (5'-CCAGCAGCCGCGGTAATACG-3') ve 800R (5'-TACCAGGGTATCTAATCC -3') primerleri kullanılmıştır.

2.5. Veri analizi

DNA sekanslarının tamamı Bioedit programı ile kontrol edilmiş ve hizalanmıştır [17]. İşlenen DNA sekansları NCBI veri tabanında yer alan BLAST algoritması ile homoloji araştırmasına tabi tutulmuş ve hem larva örneklerinden hem de bakteri izolatlarından elde edilen DNA sekanslarına ait yüzde (%) benzerlikler ortaya çıkarılmıştır [18-19]. Larva örneklerinin tanımlanması için GenBank'ta yer alan *Malacosoma* türlerine ait COI gen bölgeleri indirilmiş ve filogenetik analizler gerçekleştirilmiştir. Bakteri örnekleri için ise yine kendilerine en yakın sekanslar GenBank'tan indirilmiş ve filogenetik açıdan inşa edilen ağaç üzerinden karşılaştırılmıştır.

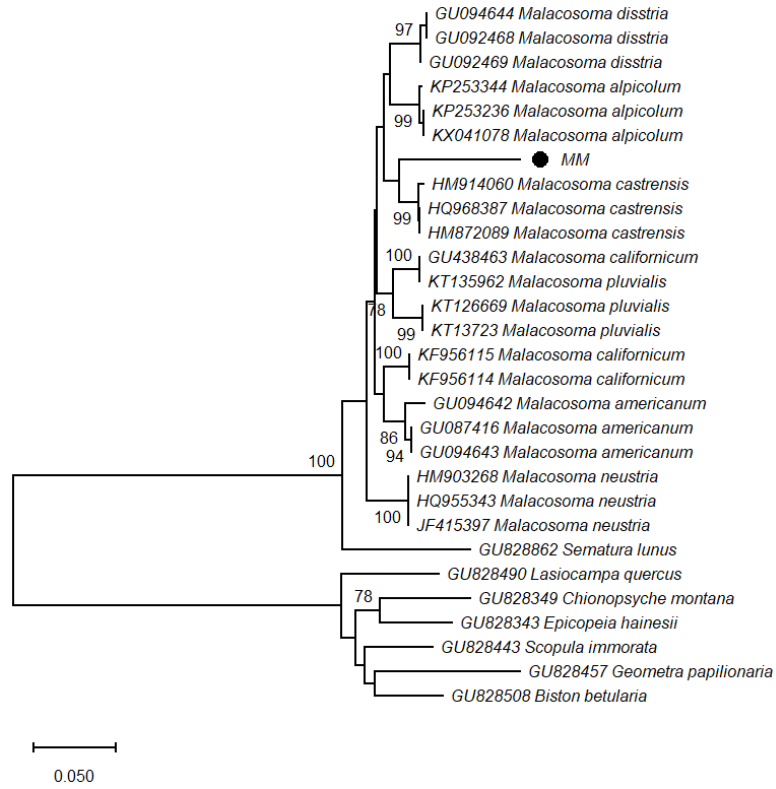
DNA sekanslarının çoklu hizalama işlemleri Bioedit içerisinde yer alan ClustalW programı ile gerçekleştirilmiştir [17, 20]. Filogenetik analizler ise Neighbor-Joining (NJ) metodu ile p-distance analizi kullanılarak MEGA 11.0.13 programı ile gerçekleştirilmiştir [21]. Elde edilen ağaçların iç dallarının güvenilirliği 1.000 tekrara dayalı bootstrap analizi ile istatistiksel olarak test edilmiştir.

2.6. GenBank erişim numaraları

Bakteriyel izolatların 16S rRNA gen bölgesi için GenBank erişim numaraları (OR366559-OR366564) alınmıştır (Tablo 1).

3. Bulgular

Larva örneklerine ait COI geninin kısmi sekansı BLAST analizine tabi tutulduğu zaman %93.09 oranında *Malacosoma castrensis* TLMF Lep 01977 örneği ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer *Malacosoma* türleri ile yapılan filogenetik analizler ise türü cins düzeyinde *Malacosoma* sp. olarak doğrulanmıştır (Şekil 1).



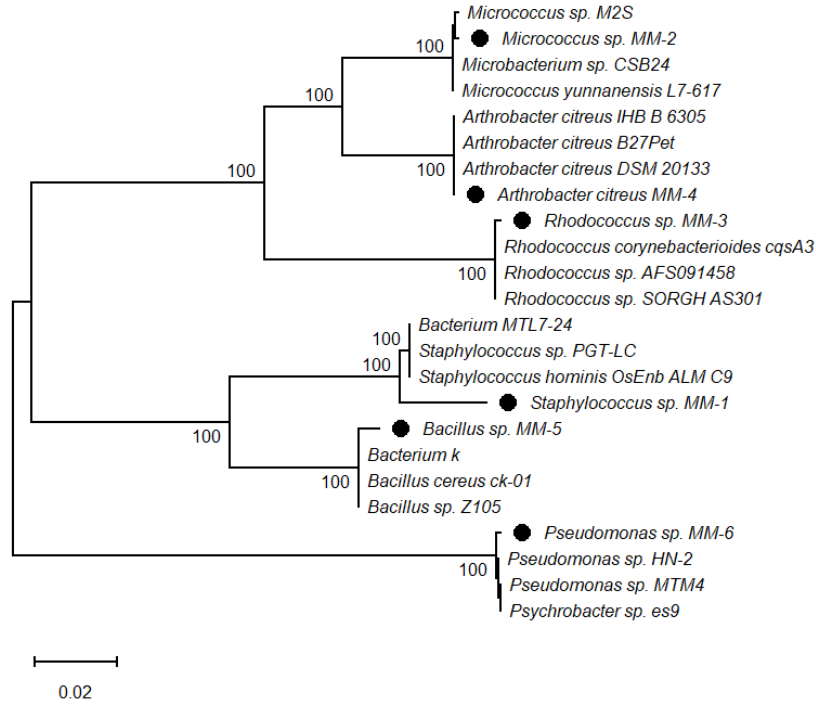
Şekil 1. Toplanan larva örneklerinin (MM) GenBank'tan elde edilen diğer *Malacosoma* türleri ile ilişkisini gösteren filogenetik ağaç. Filogenetik ağaç COI gen bölgesinin kısmi sekansı (yaklaşık 620 bp) elde edilerek oluşturulmuştur. Ağaç Neighbor-Joining (N-J) analizi kullanarak p-distance metodu ile yapılandırılmıştır. Bootstrap analizi 1.000 tekrara dayalı olarak oluşturulmuş ve %70 ve yukarısında olanlar ağaçta gösterilmiştir. Siyah daire bizim örneğimizi göstermektedir. Ağacın dibinde yer alan ölçek ise genetik mesafeyi temsil etmektedir.

Larva örneklerinden ise toplam olarak altı adet bakteri izole edilmiş olup bakteriyel izolatlar *Staphylococcus* sp. MM-1, *Micrococcus* sp. MM-2, *Rhodococcus* sp. MM-3, *Arthrobacter citreus* MM-4, *Bacillus* sp. MM-5 ve *Pseudomonas* sp. MM-6 olarak tanımlanmıştır. Bakteriyel izolatlara ait BLAST benzerlik oranları ve GenBank numaraları Tablo 1'de detaylı olarak verilmiştir. BLAST homoloji sonuçlarına göre tür tayinleri yapılan bakteriyel izolatların tanımlanması filogenetik analizlerle de doğrulanmıştır (Şekil 2).

Tablo 1. Bakteriyel izolatlara ait GenBank BLAST sonucuna göre yüzde (%) benzerlik oranları ve 16S rRNA gen bölgesine ait (yaklaşık 1.400 bp) GenBank erişim numaraları.

İzolat	GenBank numarası	Bakteri türü	En yakın ilişkili olduğu bakteri türleri	Çakışan baz oranları (%)	Yüzde (%) benzerlik
MM-1	OR366559	<i>Staphylococcus</i> sp.	<i>Staphylococcus hominis</i> strain		
			OsEnb_ALM_C9	%99	%97,60
			Bacterium strain MTL7-24	%99	%97,60
			<i>Staphylococcus</i> sp. strain PGT-LC	%99	%97,60
MM-2	OR366560	<i>Micrococcus</i> sp.	<i>Micrococcus</i> sp. M2S	%99	%99,86
			<i>Microbacterium</i> sp. CSB24	%99	%99,86
			<i>Micrococcus yunnanensis</i> L7-617	%99	%99,86
MM-3	OR366561	<i>Rhodococcus</i> sp.	<i>Rhodococcus corynebacterioides</i> cqsA3	%100	%99,57
			<i>Rhodococcus</i> sp. AFS091458	%100	%99,57
			<i>Rhodococcus</i> sp.	%100	%99,57
			SORGH_AS301		

MM-4	OR366562	<i>Arthrobacter citreus</i>	<i>Arthrobacter citreus</i> IHB B 6305	%100	%99,93
			<i>Arthrobacter citreus</i> B27Pet	%100	%99,93
			<i>Arthrobacter citreus</i> DSM 20133	%100	%99,93
MM-5	OR366563	<i>Bacillus</i> sp.	Bacterium k	%100	%99,36
			<i>Bacillus cereus</i> ck-01	%100	%99,36
			<i>Bacillus</i> sp. Z105	%100	%99,36
MM-6	OR366564	<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Pseudomonas</i> sp. MTM4	%98	%99,57
			<i>Psychrobacter</i> sp. es9	%98	%99,57
			<i>Pseudomonas</i> sp. HN-2	%98	%99,57



Şekil 2. *Malacosoma* sp.'den izole edilen bakteriyel izolatların (MM1-MM6) GenBank'tan elde edilen en yakın ilişkili bakteri türleri ile filogenetik ilişkisini gösteren ağaç. Filogenetik ağaç 16S rRNA gen bölgesinin sekans edilmesi ile oluşturulmuştur. Ağaç Neighbor-Joining (N-J) analizi kullanarak p-distance metodu ile yapılandırılmıştır. Bootstrap analizi 1.000 tekrara dayalı olarak oluşturulmuş ve %70 ve yukarısı olanlar ağaçta gösterilmiştir. Siyah daireler bu çalışmada izole edilen bakteriyel izolatları göstermektedir. Ağacın dibinde yer alan ölçek ise genetik mesafeyi temsil etmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Böcekler pek çok karasal habitata uyum sağlamış ve yaşayan en başarılı hayvanlar olup bilinen hayvan türlerinin %90'undan fazlasını oluşturmaktadır. Pek çok böceğin yaşam stili ise mikroorganizmalarla ilişkilerine dayalı olarak kurulmuştur [22]. Böceklerde yer alan simbiyotik mikroorganizmaların beslenme, konak savunmasının üstesinden gelme, doğal düşmanlardan korunma, büyüme, üreme ve iletişim gibi pek çok farklı rolü olup bun rollerin aydınlatılması hayvan-bakteri ilişkilerinin belirlenmesi açısından büyük önem arz etmektedir [1]. Bu anlamda böcekler hayvan-bakteri ilişkilerinin temelini araştırmada hem ucuz hem de deneysel olarak takip edilebilir model sistemleri oluşturmaktadır. Bu çalışmada *Malacosoma* sp. model organizma olarak seçilmiş ve bu böceğin larvalarındaki kültüre edilebilir bakteriler araştırılmıştır.

Çalışmamızda toplam olarak altı adet bakteri izole edilmiş ve bunlardan birisini *Staphylococcus* sp. MM-1 oluşturmaktadır. *Staphylococcus* türleri Gram-pozitif, hareketsiz ve kok şeklindeki hücrelerden oluşmaktadır. Bu bakteriler istisnalar olmakla birlikte genelde fakültatif anaerobdurlar. Genellikle katalaz pozitif oldukları bilinmektedir [23]. Bu cinsine ait bazı türler geniş bir habitat dağılımına sahip olup insan ve sıcak kanlı hayvanların mukoz membranlarına ve derilerine kolonize olabilmektedir [24]. Bu bakterilerin böceklerden izole edildiğini gösteren bazı çalışmalarda bulunmaktadır [16, 25]. Bu bakterilerin böceklerden izole edilse bile böceklerdeki rolleri hakkında pek fazla bir şey bilinmemektedir. Bu anlamda *Staphylococcus* türlerinin böceklerdeki rollerini belirlemeye yönelik araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Çalışmamızda izole edilen diğer bir bakteri *Micrococcus* sp. MM-2'dir. *Micrococcus* generisi genellikle hareketsiz, spor oluşturmeyen ve Gram-pozitif bakterilerden oluşmaktadır. Bu generinin üyeleri katalaz pozitif olup pek çok tür karotenoid pigment üretmektedir [26]. *Micrococcus* türleri toprak, tatlı ve deniz suyu, kum ve vejetasyon gibi pek çok karasal ve sucul ekosistemlerde bulunabilmektedir [27]. Bu türün çeşitli böceklerden izole edildiğine ve hatta bazı böceklerde enfeksiyon oluşturduğuna dair çalışmalarda bulunmaktadır [28-29]. Oysaki böceklerden izole edilen bu bakterilerin patojenik olma dışında diğer bazı simbiyotik özelliklerinin araştırılması gerekmektedir.

Rhodococcus generisinin üyeleri endospor oluşturmeyen, hareketsiz, katalaz pozitif, zorunlu aerobik ve gram pozitif bakterilerden oluşmaktadır. Bu bakteri çevresel kökenli çeşitli kaynaklardan (kaya, zemin suyu, toprak, deniz sedimenti, böcekler, hayvan ve bitkilerden) izole edilebilir ve seçici olmayan besiyerlerin de iyi üreme gösterirler [30]. Bu genera ait bazı üyelerin böceklerden izole edildiğine dair çalışmalar bulunmaktadır [31-32]. Özellikle *R. rhodnii* Chagas hastalığının vektörü olan *Rhodnius prolixus* Stal (Heteroptera: Reduviidae) ile simbiyotik olarak yaşamakta ve bu bakteri ile bu vektörün kontrol altına alınması çalışmaları devam etmektedir [33-34]. Bu kapsamda bu çalışmada izole edilen *Rhodococcus* sp. MM-3 izolatının daha detaylı olarak tür düzeyinde tanımlanması ve bu böcekteki rolünün belirlenmesi böcek-bakteri ilişkilerinin belirlenmesi açısından faydalı olacaktır.

Arthrobacter çubuk-kok üreme siklusu ile karakterize edilen zorunlu aerob bakterilerden oluşan bir cinsdir. Bu grubun üyeleri çoğunlukla topraktan, bitki yüzeylerinden ve atıksu sedimentlerinden izole edilmektedir [35]. Bu grubun bazı üyelerinin ise tarımda etkili rollerinin olduğu bilinmektedir [36]. Bu generinin içerisinde yer alan *A. citreus* ise daha çok fenol ve kaprolaktam gibi bileşikler parçalama özellikleri ile bilinmektedir [37-38]. Bu bakterinin böceklerden izole edildiğine dair çalışmalar bulunsun da olası rolleri tam olarak aydınlatılmamıştır [39]. Çalışmamızda izole edilen *A. citreus* MM-4'ün böceklerdeki (özellikle *Malacosoma* sp.) rollerinin belirlenmesi tarımsal açıdan zararlı böceklerin mücadelesine katkı sağlayacaktır.

Bacillus generisi üyeleri büyük, aerobik, Gram-pozitif ve spor oluşturan çubuk şeklindeki bakterilerdir. *Bacillus* türleri doğada (hava, su ve toprak gibi ortamlarda) yaygın olarak bulunmaktadır [40]. Pek çok farklı *Bacillus* türü ölü böceklerden izole edilmiştir ve bazı türler (*B. thuringiensis*, *B. larvae* ve *B. popilliae* gibi) iyi birer böcek patojeni olarak tanınmaktadır [41]. Özellikle bu grup içerisinde yer alan *B. thuringiensis* (Bt) tarım ve ormancılıkta pek çok zararlı böceğe karşı başarılı mikrobiyal insektisitler olarak kullanılmaktadır [42]. Bizim çalışmamızda da bir adet *Bacillus* sp. MM-5 izole edilmiş olup bu bakterinin daha detaylı tür tanımlanmasının yapılması ve böceklere karşı patojenite testlerinin gerçekleştirilmesi faydalı olacaktır.

Pseudomonas en iyi çalışılmış bakteri grubundan bir tanesi olup bu genus Gram-negatif bakteriler arasında en yüksek tür sayısına sahiptir. Bu generinin üyeleri doğada geniş dağılımlı olup pek çok farklı ekolojik rolleri ve biyoteknolojik uygulamaları vardır. Bunun haricinde bazı türler insanlar, hayvanlar, bitkiler ve böcekler için patojeniktir [43]. Bazı *Pseudomonas* türleri böcekler ile çeşitli etkileşimlere sahip olup bunlar patojenik veya endosimbiyont olabilmektedir [44]. Bu çalışmada bir tane *Pseudomonas* sp. MM-6 izole edilmiş olup bu bakterinin detaylı moleküler teknikler ile tür düzeyinde tanımlanması ve böcekteki rollerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak *Malacosoma* sp. larvalarından altı adet bakteriyel tür (suş) izole edilmiş ve bunlar 16S rRNA sekans analizi ile tanımlanmıştır. İzole edilen bakteriler literatür verileri ile karşılaştırılarak tartışılmıştır. İleriki çalışmalarda izole edilen bakterilerin daha detaylı moleküler teknikler ile tür düzeyinde tanımlanması gerekmektedir. Ayrıca, bu bakterilerin deneysel çalışmalar ile böceklerdeki rollerinin belirlenmesi gerekmektedir.

5. Teşekkür ve Katkı Beyanı

A.S.: Çalışmanın tasarlanması, laboratuvar çalışmaları, veri analizi ve makale yazımı.

6. Kaynaklar

- [1]. Klepzig K. D., Adams A. S., Handelsman J., Raffa K.F., "Symbioses: A key driver of insect physiological processes, ecological interactions, evolutionary diversification, and impacts on humans" *Environmental Entomology*, 38 (1), 67-77, 2009.
- [2]. Hosokawa T., Fukatsu, T., "Relevance of microbial symbiosis to insect behavior" *Current Opinion in Insect Science*, 39, 91-100, 2020.
- [3]. Zhao M., Lin X., Guo X., "The role of insect symbiotic bacteria in metabolizing phytochemicals and agrochemicals" *Insects*, 13(7), 583, 2022.
- [4]. Rupawate P.S., Roylawar P., Khandagale K., Gawande S., Ade A.B., Jaiswal D.K., Borgave S., "Role of gut symbionts of insect pests: A novel target for insect-pest control" *Frontiers Microbiology*, 14, 1146390, 2023.
- [5]. Correa C.C., Ballard J.W.O., "Wolbachia associations with insects: Winning or losing against a master manipulator" *Frontiers in Ecology and Evolution*, 3, 153, 2016.

- [6]. Beard C.B., Durvasula R.V., Richards F.F., "Bacterial symbiosis in arthropods and the control of disease transmission" *Emerging Infectious Diseases*, 4, 581–591, 1998.
- [7]. Beard C.B., Mason P.W., Aksoy S., Tesh R.B., Richards F.F., "Transformation of an insect symbiont and expression of a foreign gene in the Chagas' disease vector *Rhodnius prolixus*" *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 46, 195-200, 1992.
- [8]. Harada H., Ishikawa H. "Experimental pathogenicity of *Erwinia aphidicola* to pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*" *Journal of General and Applied Microbiology*, 43, 363-367, 1997.
- [9]. Ishikawa H., "Insect symbiosis: An introduction" Edited by Bourtzis K., Miller T.A., Insect symbiosis, *CRC Press*, New York, 1-22, 2003.
- [10]. Zhong J., Jasinskas A., Barbour A.G., "Antibiotic treatment of the tick vector *Amblyomma americanum* reduced reproductive fitness" *PLoS One*, 2, e405, 2007.
- [11]. Gangwar P., Trivedi M., Tiwari R.K., "Entomopathogenic bacteria. Edited by Omkar., Microbial approaches for insect pest management., *Springer*, Singapore, 59-79, 2021
- [12]. Sevim A., Sevim E., "Lasiocampa trifolii (Denis & Schiffermüller, 1775)'nin dahili bakteriyel çeşitliliği: Yeni bir olası *Okibacterium* sp" *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10 (1), 44-55 .
- [13]. Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R., "DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates" *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3 (5), 294-299, 1994.
- [14]. Sambrook J.F.E., Maniatis T., "Molecular cloning" *Cold Spring Harbor Laboratory Press*, New York, USA, 1989.
- [15]. Sevim E., Çocar M., Sezgin F.M., Sevim A., "Aerobic gut bacterial flora of *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) and their virulence to the host" *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28, 30, 2018.
- [16]. Demirci M., Sevim E., Demir İ., Sevim A., "Culturable bacterial microbiota of *Plagioderia versicolora* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae) and virulence of the isolated strains" *Folia Microbiologica*, 58(3), 201-210, 2013.
- [17]. Hall T.A., "BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT" *Nucleic Acids Symposium*, 41, 95-98, 1999.
- [18]. Altschul S.F., Gish W., Miller W., Myers E.W., Lipman D.J. "Basic local alignment search tool" *Journal of Molecular Biology*, 215, 403-410, 1990.
- [19]. Benson D.A., Karsch-Mizrachi I., Clark K., Lipman D.J., Ostell J., Sayers E.W., "GenBank" *Nucleic Acids Research*, 40(Database issue): D48-D53, 2012.
- [20]. Thomson J.D., Higgins D.G., Gibson T.J., "Clustal W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice" *Nucleic Acids Research*, 22, 4673-4680, 1994.
- [21]. Tamura K., Stecher G., Kumar S., "MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11" *Molecular Biology and Evolution*, 38(7), 3022-3027, 2021.
- [22]. Douglas A.E., "The molecular basis of bacterial-insect symbiosis" *Journal of Molecular Biology*, 426(23), 3830-7, 2014.
- [23]. Gherardi G., Di Bonaventura G., Savini V., "Staphylococcal Taxonomy" Edited by Savini V., Pet-To-Man Travelling *Staphylococci*, *Academic Press*, 1-10, 2018.
- [24]. Antelmann H., "Oxidative Stress Responses and Redox Signalling Mechanisms in *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus*" Edited by Tang Y.W., Sussman M., Liu D., Poxton I., Schwartzman J., *Molecular Medical Microbiology*, *Academic Press*, 249-274, 2015.
- [25]. Danişmazoğlu M., Demir İ., Sevim A., Demirbağ Z., Nalçacıoğlu R., "An investigation on the bacterial flora of *Agriotes lineatus* (Coleoptera: Elateridae) and pathogenicity of the flora members" *Crop Protection*, 40, 1-7, 2012.
- [26]. Kocur M., Kloos W.E., Schleifer K.H., "The Genus *Micrococcus*" Edited by Dworkin M., Falkow S., Rosenberg E., Schleifer K.H., Stackebrandt E., *The Prokaryotes*, *Springer*, New York, 2006.
- [27]. Nunez M., "Micrococcus" Edited by Batt C.A., Tortorello M.L., *Encyclopedia of Food Microbiology*, *Academic Press*, 627-633, 2014.
- [28]. Wang Q., Yin M., Yuan C., Liu X., Jiang H., Wang M., Zou Z., Hu Z., "The *Micrococcus luteus* infection activates a novel melanization pathway of cSP10, cSP4, and cSP8 in *Helicoverpa armigera*" *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 147, 103775, 2022.
- [29]. Sevim, A., Sevim, E., "Culturable bacterial communities related to different larval stages of *Sanys irrosea* (Guenee, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae)" *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 8(4), 641-650, 2022.

- [30]. Majidzadeh M., Fatahi-Bafghi M., “Current taxonomy of *Rhodococcus* species and their role in infections” *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Disease*, 37(11), 2045-2062, 2018.
- [31]. Rodríguez, J., Pavía, P., Montilla, M., Puerta C.J., “Identifying triatomine symbiont *Rhodococcus rhodnii* as intestinal bacteria from *Rhodnius ecuadoriensis* (Hemiptera: Reduviidae) laboratory insects” *International Journal of Tropical Insect Science*, 31, 34-37, 2011.
- [32]. Biswas S., Paul D., “Isolation and characterization of *Rhodococcus qingshengii*, a cellulolytic bacterium from *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Crambidae) gut” *Environmental and Experimental Biology*, 19(4), 203-208, 2022.
- [33]. Batista K.K.S., Vieira C.S., Figueiredo M.B., Costa-Latgé S.G., Azambuja P., Genta F.A., Castro D.P., “Influence of *Serratia marcescens* and *Rhodococcus rhodnii* on the humoral immunity of *Rhodnius prolixus*” *International Journal of Molecular Science*, 9(20), 10901, 2021.
- [34]. Dotson E.M., Plikaytis B., Shinnick T.M., Durvasula R.V., Beard C.B., “Transformation of *Rhodococcus rhodnii*, a symbiont of the Chagas disease vector *Rhodnius prolixus*, with integrative elements of the L1 mycobacteriophage” *Infection, Genetics and Evolution*, 3, 103-109, 2003.
- [35]. Gobbetti M., Rizzello C.G., “*Arthrobacter*” Edited by Batt C.A., Tortorello M.L., Encyclopedia of Food Microbiology, *Academic Press*, 69-76, 2014.
- [36]. Roy P., Kumar A., “*Arthrobacter*” Edited by Amaesan N., Kumar M.S., Annapurna K., Kumar K., Sankaranarayanan A., Beneficial Microbes in Agro-Ecology, *Academic Press*, 3-11, 2020.
- [37]. Baxi N.N., Patel S., Hansoti D., “An *Arthrobacter citreus* strain suitable for degrading ϵ -caprolactam in polyamide waste and accumulation of glutamic acid” *AMB Express*, 9, 161, 2019.
- [38]. Karigar C., Mahesh A., Nagenahalli M., Yun D.J., “Phenol degradation by immobilized cells of *Arthrobacter citreus*.” *Biodegradation*, 17, 47-55, 2006.
- [39]. Çelik T., Sevim A., “Bacterial pathogens from *Diprion pini* L. (Hymenoptera: Diprionidae) and their biocontrol potential. *Biologia* 77, 3001-3013, 2022.
- [40]. Carter G.R., “*Bacillus*” Edited by Carter G.R., Cole J.R., Diagnostic Procedure in Veterinary Bacteriology and Mycology, *Academic Press*, 221-228, 1990.
- [41]. Stahly D.P., Andrews R.E., Yousten A.A., “The Genus *Bacillus*-Insect Pathogens” Edited by Dworkin M., Falkow S., Rosenberg E., Schleifer KH., Stackebrandt E., The Prokaryotes, *Springer*, New York, 2006.
- [42]. Jouzani G.S., Valijanian E., Sharafi R., “*Bacillus thuringiensis*: A successful insecticide with new environmental features and tidings” *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101, 2691-2711, 2017.
- [43]. Lalucat J., Gomila M., Mulet M., Zaruma A., García-Valdés E., “Past, present and future of the boundaries of the *Pseudomonas* genus: Proposal of *Stutzerimonas* gen. Nov” *Systematic and Applied Microbiology*, 45(1), 126289, 2022.
- [44]. Teoh M.C., Furusawa G., Veera Singham G., “Multifaceted interactions between the pseudomonads and insects: Mechanisms and prospects” *Archives of Microbiology*, 203, 1891-1915, 2021.



Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi (Research Article)

Makale Doi: **10.17100/nevbiltek.1371662**

Geliş Tarihi:05/10/2023

Kabul Tarihi:23/12/2023



Basınç Dayanımı Açısından Püskürtme Beton Uygulamalarındaki Başlık Sistemlerinin Değerlendirmesi

Hasan POLAT¹, Cengiz ÖZEL²

¹ *Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Bingöl*
ORCID ID: 0000-0003-1521-0695

² *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta*
ORCID ID: 0000-0002-2715-1680

Öz

Bu çalışmada, farklı başlık tiplerinin püskürtme betonunun basınç dayanımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada, başlıksız (kontrol), kükürt başlıklı ve neopren başlıklı olmak üzere üç farklı başlık sisteminin etkisi değerlendirilmiştir. Deneysel kapsamında her bir başlık sistemi için dokuz farklı numune üzerinde testler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, başlıksız numunelerin kükürt başlık ve neopren başlığa kıyasla daha düşük basınç dayanımı gösterdiğini belirlenmiştir. Bu sonuçlar, başlık kullanımının önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, kükürt başlık sistemine alternatif olarak sunulan neopren başlığın, kükürt başlık sistemine göre % 2.96 daha yüksek ortalama basınç dayanımı değeri sunduğu belirlenmiştir. Bu durum, numune başlık birleşim bölgelerinde oluşan gerilme yığılmalarından kaynaklanabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Çalışmanın sonuçları, püskürtme betonunun başlık seçiminin ve başlık-beton etkileşiminin, malzemenin basınç dayanımı özellikleri üzerinde önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak günümüzde laboratuvarında yaygın olarak kullanılan kükürt başlıklılamaya alternatif olarak neopren başlık sistemlerin tavsiye edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Basınç dayanımı; farklı başlık türleri; Neopren başlık; püskürtme beton.

Evaluation of Head Systems in Shotcrete Applications in Terms of Compressive Strength

Abstract

In this study, the effect of different head types on the compressive strength of shotcrete was investigated. The study evaluated the effect of three different nozzle systems: no nozzle (control), sulfur nozzle and neoprene nozzle. Within the scope of the experiments, tests were carried out on nine different specimens for each nozzle system. The results showed that the specimens without headers showed lower compressive strength than those with sulfur headers and neoprene

Sorumlu yazar e-mail: hpolat@bingol.edu.tr

headers. These results emphasize the importance of using headers. In addition, it was determined that the neoprene cap, which was presented as an alternative to the sulfur cap system, presented a 2.96% higher average compressive strength value than the sulfur cap system. This situation has been interpreted as potentially arising from stress accumulations occurring in the sample header junction regions. The study's results indicate that the choice of shotcrete head and the head-concrete interaction can play an essential role in the compressive strength properties of the material. As a result, it is concluded that neoprene head systems can be recommended as an alternative to the sulfur head systems commonly used in the laboratory today.

Keywords: Compressive strength; different head types; Neoprene header; shotcrete.

1. Giriş

Beton çimento, su, agrega (kum, çakıl gibi malzemeler) ve bazen katkı maddeleri ile bir araya getirilerek oluşturulan ve günümüzde yaygın bir şekilde kullanılan kompozit bir yapı malzemesidir [1 ve 2]. Beton üretimi kolay olan bir yapı malzemesidir ve istenilen şekli verebilir. Yüksek basınç dayanımı gösterir ve ekonomiktir. Bununla birlikte, süneklik gerektiren özellikleri oldukça düşüktür. Betonun bu düşük olan özelliklerini tamamlamak için bazı durumlarda özel betonlar kullanılmaktadır. Bu özel beton türlerinden biri de püskürtme betondur. Yerleştirilen yüzeye hortumun ucundan basınçlı hava yardımıyla yüksek hızla püskürtülen betona 'püskürtme beton veya püskürtülmüş beton adı verilmektedir [3-6]. Püskürtme beton İngiltere'de püskürtülmüş beton anlamına gelen 'sprayed concrete' olarak, ABD'de ise shotcrete veya guite olarak adlandırılmaktadır [7]. Geleneksel betondaki durumun benzeri olarak, püskürtme betonun özellikleri su/çimento oranına, agreganın kalitesine, boyutuna ve tipine, kullanılan katkıların tipine, kullanılan çimentonun tipine, inşaat uygulamalarına bağlı olarak değişmektedir [8].

Püskürtme betonların dayanımlarının belirlenmesinde genel olarak 10x10 cm boyutunda silindir karot numuneler kullanılmaktadır. Numunelerin basınç deneylerinin yapılabilmesi için, öncelikle standart silindir beton numunelerinin ve karot numunelerinin yüzeylerinin düzgün olmayıştan kaynaklanan parazit gerilmeleri elimine etmek amacıyla başlıklama işlemi uygulanması gerekmektedir [9]. Önceki çalışmalar, numunelerin dayanım belirleme aşamasında kullanılan başlıklama malzemelerinin özelliklerinin ölçülen dayanımlar üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir [10 ve 11].

Başlıklama, basınç dayanımı testi sırasında eksenel yüke maruz kalan beton numunelerin her iki ucunda düzgün bir yüzey sağlamak için kullanılan bir tekniktir. ASTM C1552 beton silindirlerin basınç dayanımını belirlemek için uygun kapak malzemeleri olarak yapıştırılmış kapakları, özellikle alçı sıva veya erimiş sülfürü belirtir. Bununla birlikte, yapıştırılmış kapaklar, daha uzun hazırlık süresi, pahalı, yoğun ve vasıflı işgücünün yanı sıra potansiyel sağlık tehlikesi gibi çeşitli sınırlamalara sahiptir [12].

Literatür incelenmesinde araştırmacıların daha pratik ve hızlı bir başlık üretim sistemi üzerinde çalışmalar yaptığı görülmektedir. Yaptıkları çalışmalarında çimento macunu, neopren yastık ve kükürt harcı ile yapıştırılmış ve yapıştırılmamış başlık tiplerini test etmişlerdir [13]. Farklı bir çalışmada araştırmacılar neopren yastık ve alüminyum poliüreten yastıklar kullanılmışlardır [14 ve 15]. Başka bir çalışmada ise kükürt başlık ve neopren yastıkların karşılaştırmak için deneysel bir program geliştirdiler ve başlıkların benzer sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir [16]. Daha farklı bir çalışmada araştırmacılar farklı kalıp sistemlerini (Çelik ve ahşap) kullanarak ürettikleri numuneler üstünde neopren yastık ve kükürt başlık sistemini test ederek aralarında önemli bir fark olmadığını sonucuna varmışlardır [17].

Yapılan bu çalışmada literatürde incelenen geleneksel beton veya geleneksel betonlardan alınan karot numuneler üzerinde araştırmacıların farklı başlık sistemlerini araştırdıkları görülmektedir. Yapılan bu çalışmada geleneksel betondan farklı olan ve yaygın bir kullanım alanına sahip olan püskürtme betonlarda başlık sistemlerin dayanım üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında başlıksız (kontrol), kükürt başlık ve neopren olmak üzere üç başlık sistemin püskürtme betonların basınç dayanımları üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak belirlemek amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

2.2.1. Çimento

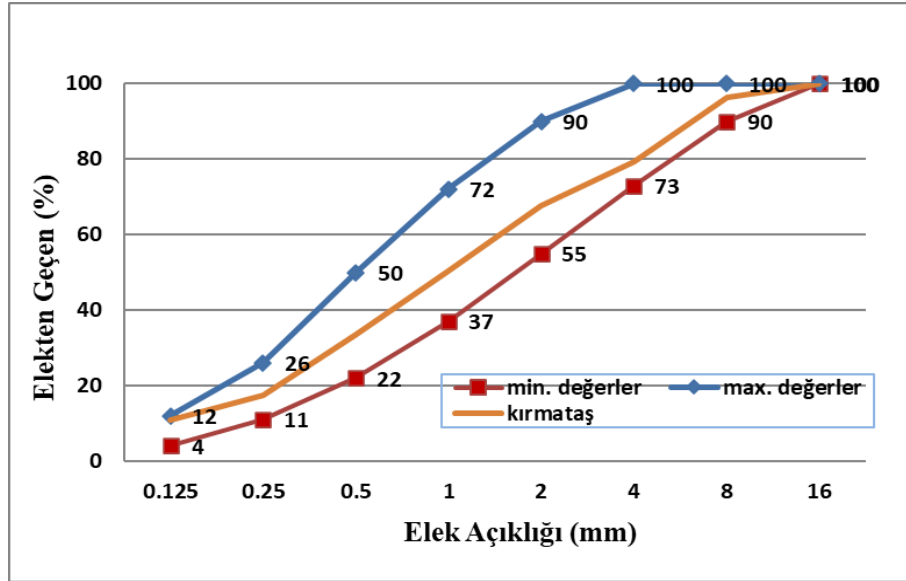
Püskürtme beton karışımlarının üretiminde bağlayıcı olarak EN 197-1 [18] standartlarına uygun CEM I 42.5 R tipi portland çimentosu kullanılmıştır. Portland çimentosunun özgül yüzey alanı ve özgül ağırlığı sırasıyla 4130 cm²/g ve 3.13 g/cm³'tür. Portland çimentosunun karakteristik özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çimentoya ait kimyasal ve fiziksel özellikler

Kimyasal bileşim (%)		Çimentonun Fiziksel Özellikleri	
SiO ₂ (%)	19.16	Özgül Ağırlık(g/cm ³)	3.13
Al ₂ O ₃ (%)	4.87	Özgül Yüze (cm ² /g)	4130
Fe ₂ O ₃ (%)	3.76	İncelik (μ)	2.8
CaO (%)	63.03	Priz Başı (dk)	125
MgO (%)	1.65	Priz Sonu (dk)	210
SO ₃ (%)	3.26	Hacim Sabitliği	1
K ₂ O (%)	0.58	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	
Na ₂ O (%)	0.17	2 gün	28.1
Cl (%)	0.0102	7 gün	40.4
Kızdırma Kaybı	3.43	28 gün	54.2
Çözünmeyen Kalıntı	0.61		

2.2.2. Agrega

Yapılan çalışmada agrega olarak 0-8 mm boyutunda, yoğunluğu 2.64 g/cm³ olan kırmataş agregası kullanılmış olup agregaya ait elek analizi sonuçları Şekil 1’de verilmiştir. Elek analizi sonucunda kırma taş agregasının granülometri eğrileri çizilmiştir. Eğri sınırları EFNARC (1996) [19]’da püskürtme beton için belirlenen limit değerleri dikkate alınmıştır. Püskürtme beton üretiminde kullanılan agregaların, limit sınır eğrileri içinde kaldığı için püskürtme betonda kullanımları uygun oldukları sonucuna varılmıştır.

**Şekil 1.** Agregaya ait elek analizi sonuçları

2.2.2. Priz hızlandırıcı katkı

Çalışmada piyasadan temin edilmiş olan alkali içeren priz hızlandırıcı katkı kullanılmıştır. Priz hızlandırıcı katkıya ait özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Priz hızlandırıcı katkıya ait özellikler

Kod	Katkı Oranı (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	pH	Klorür İçeriği	Alkali (Na ₂ O eşdeğeri, %)	Miktarı
-----	-----------------	-------------------------------	----	----------------	--	---------

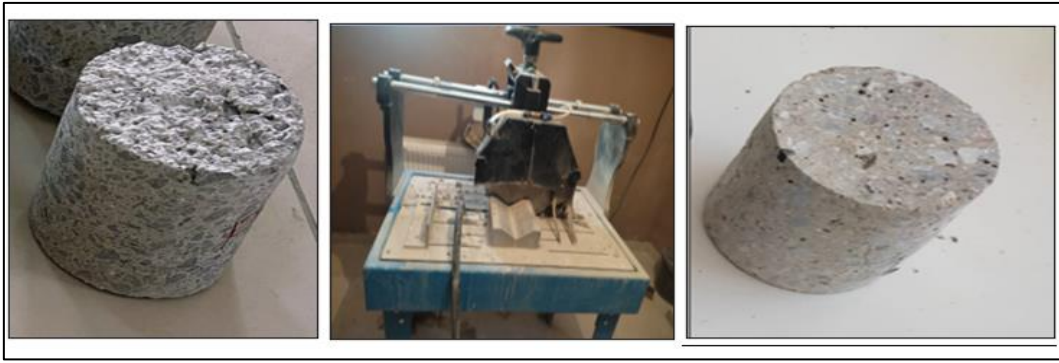
Priz Hızlandırıcı katkı	35	1.47	13.0	<0.1	<25
--------------------------------	----	------	------	------	-----

2.1.4. Başlık sistemleri

Yapılan çalışmada başlıksız (kontrol), neopren başlık ve kükürt başlık olmak üzere üç farklı başlık sistemi kullanılmıştır.

2.1.4.1. Başlıksız (Kontrol) sistemi

Başlıksız sistemde püskürtme beton üretiminden elde edilen karot numunelerinde kesim işlemi yapılarak düzgün yüzey elde edilen numuneleri tanımlamaktadır. Başlıksız sistem üretim aşaması Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Başlıksız (kontrol) numune oluşturma aşamaları.

2.1.4.2. Neopren Başlık

Basınç dayanım deneyi uygulanacak silindirik şekilli numunelerin hazırlanmasında, kükürt ile başlıklama metoduna alternatif olarak, yüzey düzensizlikleri olan numunelerde, deney yükünü uniform olarak dağıtarak güvenilir deney sonuçları alınmasını sağlayan Neopren basınç yastıkları/peddler ve yastık tutucu plakalar kullanılmaktadır. Neopren başlık sistemi Türk standartlarına dahil olmasa da Amerikan standartlarında mevcut bir durumdur. Neopren başlık sistemi piyasadan temin edilmiştir. Neopren başlık yastık (10 cm çapında) ve yastık tutucu olmak üzere iki farklı parçadan oluşmaktadır. Neopren başlıklı numunelerin yapım aşamaları Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Neopren başlık oluşturma aşamaları.

2.1.4.3. Kükürt Başlık

Kükürt-grafit tozu karışımı, yüksek basınç dayanımına sahip olup aynı zamanda hızlı sertleşme özelliği sunarak zaman kazandıran bir malzemedir. Bu malzeme, 125-200 °C arasındaki yüksek sıcaklıklarda eriyebilme özelliğine sahiptir. Bu malzemeyi etkili bir şekilde kullanabilmek için metal başlık plakası kullanımı gerekmektedir. Kükürt başlık üretim aşamaları Şekil 4’de gösterilmiştir. Kükürt buharı, havadan daha ağırdır. Kükürt ısıtma işlemi sırasında çeşitli araçlarla ortamdan tamamen uzaklaştırılmalı ve işlem süresince bir maske kullanılması önerilir (TS EN 12390-3).



Şekil 4. Kükürt başlık oluşturma aşamaları.

2.2 Yöntem

2.2.1. Üretim Yöntemi

Yapılan çalışmada püskürtme beton üretimi için 45*45*10 cm boyutunda kalıplar kullanılmıştır. 45° açıyla yerleştirilen kalıplara ıslak karışım püskürtme beton püskürtülerek beton plaklar elde edilmiştir. Üretilen plaklar 24 saat sonra kalıplardan çıkarmıştır. Kalıplardan çıkartılan plaklar 7 gün kür edildikten sonra, plaklardan 10*10 cm boyutunda karot numuneler alınmıştır. Elde edilen karot numuneler 28 gün kür edildikten sonra ilgili deney performansları incelenmiştir. Üretilen püskürtme beton üretim aşamaları Şekil 5’de verilmiştir. Püskürtme beton karışım oranları Tablo 3’de verilmiştir.



Şekil 5. Püskürtme beton üretim aşamalar
Tablo 3. 1m³ için karışım oranları (%)

Malzemeler	Karışım Oranlar (%)
Çimento	19.19
Kırma taş (0- 8 mm)	68.90
Su	10.86
Priz Hızlandırıcı	1.055

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Yoğunluk Değerleri

Üretilen püskürtme betonların yoğunluk deneyi testi TS EN 1015- 10 (2001)' [20] göre yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda her başlık sistemi için dokuz adet numune kullanılmış olup toplamda yirmi yedi adet 10x10cm boyutunda karot numuneler kullanılarak elde edilen verilerin ortalaması alınmıştır. Yapılan deneysel çalışma sonucu elde edilen veriler Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Püskürtme beton numunelerin yoğunluk değerleri (g/cm³)

Başlıksız (Kontrol)	Yoğunluk (g/cm ³)	Başlıklı (Kükürt)	Yoğunluk (g/cm ³)	Başlıklı (Neopren)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	2.177	1	2.171	1	2.173
2	2.175	2	2.162	2	2.214
3	2.162	3	2.177	3	2.127
4	2.133	4	2.173	4	2.164
5	2.177	5	2.162	5	2.214
6	2.175	6	2.177	6	2.127
7	2.177	7	2.176	7	2.145
8	2.170	8	2.156	8	2.198
9	2.165	9	2.160	9	2.167

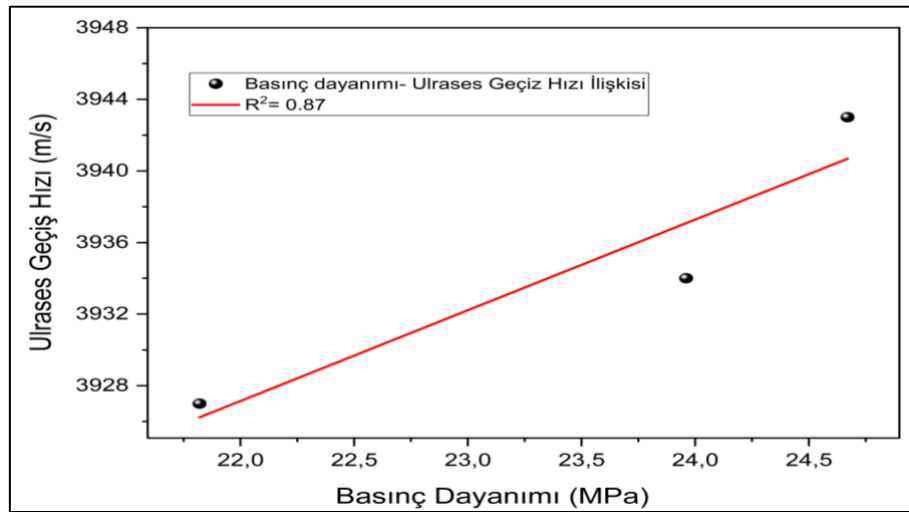
Tablo 4'de verilen yoğunluk değerleri incelendiğinde tüm numunelerin karışım oralarının aynı olmasından dolayı bütün numunelerin yoğunluk değerlerin birbirine benzer olduğu görülmektedir. Ayrıca numunelerin yoğunluk değerlerin birbirine benzer sonuçlar göstermesi, üretilen numunelerde kullanılan malzemelerin homojen bir dağılım gösterdiği şeklinde yorumlanmıştır.

3.2 Ultrases geçiş hızı değerleri

Ultrases geçiş hızı testi ASTM C597-16 (2016)'e [21] göre yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda her grup için 9 adet 10x10cm boyutunda karot numuneler kullanılarak elde edilen verilerin ortalaması alınmıştır. Yapılan deneysel çalışma sonucu elde edilen ultrases geçiş hızı verileri Tablo 5'de sunulmuştur. Tablo 5 'de verilen ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde bütün numuneler ortalama benzer davranış gösterdiği görülmektedir. Başlıklı kontrol numunesi ile diğer gruplar arasında %0.10- %0.38 arasında bir fark olduğu gözlemlenmiştir. Numune gruplarının birbirine göre benzer davranış göstermesi ve aralarında belirgin bir farkın bulunmaması yoğunluk değerlerinde belirtildiği gibi numunelerin homojenliğinden kaynakladığı düşünülmektedir.

Tablo 5. Ultrases geçiş hızı değerler

Başlıksız (Kontrol)	Ultrases Geçiş Hızı	Başlıklı (Kükürt)	Ultrases Geçiş Hızı	Başlıklı (Neopren)	Ultrases Geçiş Hızı
1	3927	1	3940	1	3924
2	3925	2	3941	2	3933
3	3928	3	3942	3	3934
4	3927	4	3944	4	3935
5	3928	5	3945	5	3937
6	3930	6	3947	6	3938
7	3928	7	3942	7	3925
8	3927	8	3944	8	3928
9	3928	9	3934	9	3927



Şekil 6. Basınç dayanımı ultrases geçiş hızı ilişkisi.

Basınç dayanımı ve Ultrases geçiş hızı ilişkisi arasındaki ilişki Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 6'da verilen ilişki incelendiğinde basınç dayanımı ve ultrases geçiş hızı aralarında yüksek bir belirleyicilik katsayısı ($R^2= 0.87$) elde edilmiştir.

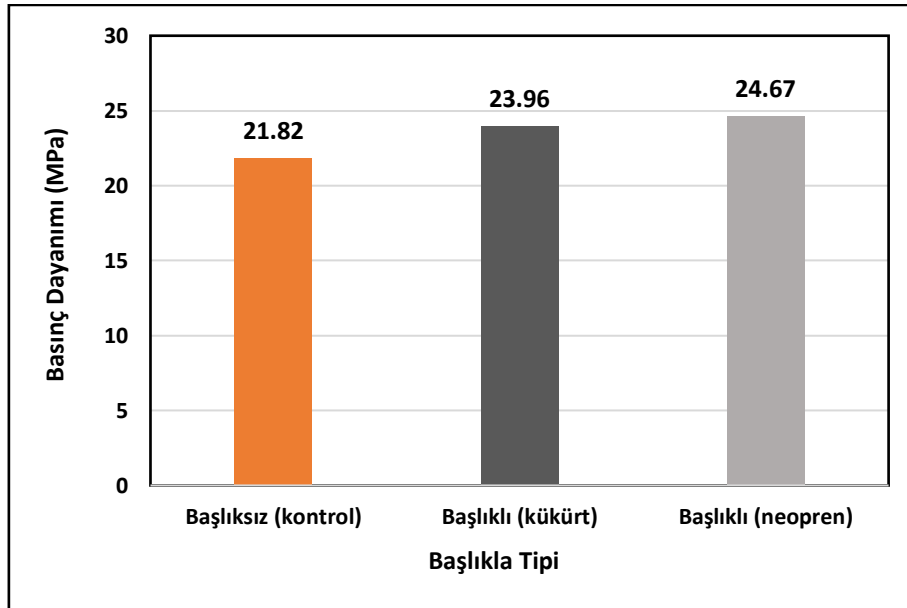
3.3 Basınç dayanımı değerleri

Basınç dayanımı testi TS EN 12390-3'e [22] göre yapılmıştır. Yapılan çalışmada üretilen her grup için 9 adet numune basınç dayanımı testine tabii tutulmuş ve elde edilen verilerin ortalaması alınmıştır. 10x10 cm boyutundaki silindirik karot numuneler 2000 kN kapasiteli bir sıkıştırma aparatı kullanılarak test edilmiştir. Basınç dayanımı değerleri Tablo 6'da ve ayrıca ortalama basınç dayanımı değerleri Şekil 7'de gösterilmiştir.

Tablo 6. Püskürtme beton basınç dayanımı değerleri

Başlıksız (Kontrol)	Basınç Dayanımı (MPa)	Başlıklı (Kükürt)	Basınç Dayanımı (MPa)	Başlıklı (Neopren)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	21.58	1	23.90	1	24.23
2	22.50	2	24.13	2	24.78
3	21.60	3	23.75	3	25.64
4	21.80	4	23.52	4	24.37
5	22.15	5	24.45	5	25.81
6	21.40	6	23.89	6	24.54
7	22.10	7	23.98	7	24.10
8	21.82	8	24.23	8	24.15
9	21.40	9	23.76	9	24.45

Şekil 7'de sunulan basınç dayanımı sonuçlarına baktığımızda, en düşük basınç dayanımı değerlerinin başlıksız (kontrol) numunelerinden elde edildiği, en yüksek değerlerin ise neopren başlıkların kullanıldığı numunelerde görüldüğü tespit edilmiştir. Kükürt başlık kullanılan numunelerde, kontrol numunelerine göre %9.8 artış görülürken, neopren başlık kullanılan numunelerde ise bu artış %13.1 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, kükürt ve neopren başlık kullanılan numuneler arasında benzer değerlerin gözlemlendiği ve aralarında %2.96 gibi bir fark bulunduğu görülmektedir. Literatürde yapılan benzer çalışmada harç ve kükürt başlıklama yerine neopren başlıkların kullanılmasını tavsiye etmektedir [23].

**Şekil 7.** Püskürtme beton ortalama basınç dayanımları.

Basınç dayanımı sonrası numunelerin kırılma şekilleri Şekil 8'de görülmektedir. Şekil 8 incelendiğinde, başlıksız numunelerde düzensiz yük dağılımının görüldüğü ve bu durumun yanıtıcı sonuçlara yol açabileceği gözlemlenmiştir. Neopren ve kükürt başlık sistemlerinde ise, gerilmelerin emilerek bu bölgelerde daha büyük gerilme birikimlerinin oluşabileceği düşünülmektedir.



Şekil 8. Basınç dayanımı sonra numune görüntüleri.

Kükürt başlık sistemlerinin oluşturulma sürecinde uzun süreli maruz kalmanın, insan sağlığına olumsuz etkileri yanı sıra çevreye salınan rahatsız edici kokunun da bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun yanı sıra, sürekli malzeme giderleri yapılması gerekliliği, ekonomik açıdan önemli bir maliyet unsuru olarak ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak günümüzde laboratuvarında yaygın olarak kullanılan kükürt başlıklılamaya alternatif olarak neopren başlık sistemlerin tavsiye edilebileceği ve literatürde çalışmaya benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir [24- 27]

4. Sonuçlar

Püskürtme betonlarda farklı başlık sistemlerin basınç dayanımı üzerindeki etkisinin incelendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Yoğunluk değerleri incelendiğinde başlıksız, başlıklı (kükürt) ve başlıklı neopren numunelerin yoğunlukları 2.17 g/cm^3 olarak ölçülmüştür. Bu durum bütün numunelerin yoğunluk değerlerinin birbirine benzer olduğu göstermekte ve numunelerde homojen bir dağılım meydana geldiği göstermektedir.
- Ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğin bütün numuneler ortalama benzer davranış gösterdiği görülmektedir. Ultrases geçiş hızı değerleri $3927 \text{ m/sn} - 3931 \text{ m/sn}$ arasında ölçülmüştür. Bu durum yoğunluk değerlerinde belirtildiği gibi numunelerin homojen dağılımından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır.
- Basınç dayanımı değerlerinde en düşük değerler başlıksız (kontrol) numunesinden, en yüksek değerler ise neopren başlık kullanılan numuneler elde edildiği gözlemlenmiştir. Kontrol numunesine kıyasla kükürt ve neopren başlıklarda sırasıyla %9.8 ve %13.1 oranında artış meydana gelmiştir. Kükürt ve neopren başlıkların ise birbirine benzer davranış gösterdiği aralarında %2.96 bir fark olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak günümüzde laboratuvarında yaygın olarak kullanılan kükürt başlıklılamaya alternatif olarak neopren başlık sistemlerin kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Henüz standartlarımızda yer almayan bu yöntemin standartlarımıza dâhil edilmesinde yarar olduğu düşünülmektedir.
- Ayrıca bu çalışma sonuçlarına göre ileride yapılacak olan çalışmalarda, farklı başlıklama malzemelerin ve daha farklı püskürtme beton karışımlarında uygulanması sonraki çalışmalar için tavsiye edilmektedir.

5. Kaynaklar

- [1]. Polat, H., Özel, C., “TS EN 206-1'e göre tasarlanan ve zararlı kimyasal ortamlara maruz kalacak betonların basınç dayanımının bulanık mantık yöntemiyle tahmini” Electronic Journal of Construction Technologies/Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8(1), 2012.
- [2]. Polat H. Yurtcan U. E. Kolak M. N., “Atık bordür taşlarının beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması” Tr. Doğa ve Fen Dergisi, Vol. 3 No, 2014.

- [3]. Polat, H., Özel, C., “The Effects of Water/Cement Ratio and Cement Dosage Variables on the Performance of Shotcrete: Compressive Strength and Drying Shrinkage Perspective.” *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 12(2), 82-87, 2023.
- [4]. Jolin, M., Beaupre, D., “Understanding wet-mix shotcrete: mix design, specifications, and placement” *shotcrete*, 1, 6-12, 2013.
- [5]. İnce, H. H., Öcal, C., İnce, G & Çakıroğlu, M.A., “Püskürtme beton uygulama örnekleri”, III. Uluslararası mesleki ve teknik bilimler kongresi, 3421- 3428, 2018.
- [6]. İnce, H., Öcal, C., Alkan Çakıroğlu, M., Çelik, S., “Püskürtme beton uygulamaları ve kullanım alanları” *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*,6(2),100-10, 2015.
- [7]. Erdoğan, T.Y., Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayın ve İletişim Şti., Ankara, Mayıs, 395-396, 2003.
- [8]. Çakıroğlu, M. A., Terzi, S., “Püskürtme betonda yüzey hazırlığının önemi” *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 2(2), 85-92, 2010.
- [9]. Baradan, B., Yazıcı, H., Aydın, S., Beton, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir, 2003.
- [10]. Vichit-Vadakan, W., Carino, N. J., Mullings, G. M., “Effect of elastic modulus of capping material on measured strength of high-strength concrete cylinders” *Cement Concrete and Aggregates*, 20, 227-234, 1998.
- [11]. Lobo, C. L., Mullings, G. M., Gaynor, R. D., “Effect of capping materials and procedures on the measured compressive strength of high-strength concrete” *Cement, Concrete, and Aggregates*, 16(2), 173-180, 1994.
- [12]. Sihab, M. S. H., Saifullah, I., Shaik-ul-Karim, S. M., & Howlader, M. K., “Effect of capping materials on the compressive strength and modulus of elasticity of concrete” *In AIP Conference Proceedings*, Vol. 2713, No. 1, 2023.
- [13]. Gesoğlu, M., Güneyisi, E., & Özturan, T., “Effects of end conditions on compressive strength and static elastic modulus of very high strength concrete” *Cement and Concrete Research*, 32(10), 1545-1550, 2002.
- [14]. Carrasquillo, P. M & Carrasquillo, R. L., “Effect of using unbonded capping systems on the compressive strength of concrete cylinders” *Materials Journal*, 85(3), 141-147, 1987, 1987.
- [15]. Crouch, L. K., & Pearson, J. B., “Neoprene capping for static modulus of elasticity testing” *Materials Journal*, 92(6), 643-648, 1995.
- [16]. Richardson, D. N., “Effects of Testing Variables' Effects on the comparison of ceoprene pad and sulfur mortar-capped concrete test cylinders” *Materials Journal*, 87(5), 489-495, 1990.
- [17]. Özyildirim, H. C., “Neoprene pads for capping concrete cylinders (No. VHTRC 79-R39)” *Virginia Transportation Research Council*, 1979.
- [18]. TS EN. 197-1, Genel çimentolar-Bölüm 1: Genel çimentolar-Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri. *Türk Standartları*, Ankara, 2002.
- [19]. EFNARC, (1996). *European Specification for Sprayed Concrete*, UK.
- [20]. EN, TS. 1015-10. Kâgir harcı-Deney metotları-Bölüm 10: Sertleşmiş harcın boşluklu kuru birim hacim kütlelerinin tayini, TSE, 2001, Ankara.
- [21]. ASTM C 597. Standard Test Method for Pulse Velocity through Concrete. *Annual Book of ASTM Standards*, Pennsylvania. 1979; USA.
- [22]. TS EN 12390-3. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımını Tayini. *Türk Standartları Enstitüsü*. 2010; Ankara.
- [23]. Fenerci, E., Mutlu, M., “Numune tipinin betonun basınç dayanımına etkisi “THBB akdemi, 2020.
- [24]. Baylavlı, H., Gödek, E., “Başlık malzemesi türünün ve başlık sayısının beton basınç dayanımı ve elastisite modülüne etkisi” *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 47-55, 2020.
- [25]. Trejo, D., Folliard, K., Du, L., “Alternative cap materials for evaluating the compressive strength of controlled low-strength materials” *Journal of materials in civil engineering*, 15(5), 484-490, 2003.
- [26]. Aydın, F., Akça, K. R., Sarıbyık, M., İpek, M., “Silindir beton ve karot numunelerde yeni bir başlıklama malzemesinin kullanılması” *5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, Baku-Azerbaijan, 2017.
- [27]. Ballard, J. R., “Analysis of unbonded capping materials used in determining the compressive strength of concrete masonry prisms,” *Master’s Degree Thesis*, Brigham Young University. 2012.



Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi

Derleme Makelesi (Review Article)

Makale Doi: **10.17100/nevbiltek.1380550**

Geliş Tarihi:24/10/2023

Kabul Tarihi:04/12/2023



Dental Fotoğrafçılık

Hilal GÜNDOĞ ¹.

¹*Başkent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Bölümü, Ankara*

ORCID ID: 0000-0003-3303-1084

Öz

Dental fotoğrafçılık son yıllarda diş hekimleri için oldukça yaygınlaşmıştır. Hastalarla iletişim, mesleki paylaşım, teknisyenlerle iletişim sağlama ve yapılan işlemlerin kaydını tutma gibi konularda dental fotoğrafçılık oldukça önemlidir. Dental fotoğrafçılık kullanan diş hekimlerinin bu konu hakkında daha çok bilgi sahibi olması çekilecek olan fotoğraf kalitesini arttıracaktır. Fotoğraf kalitesinin artması ise fotoğraflardan daha çok fayda sağlanması anlamına gelmektedir.

Anahtar Kelimeler: dental; diş hekimliği; fotoğrafçılık

Dental Photography

Abstract

In recent years, dental photography has become very common in dentistry. Dental photography is important (crucial) for communicating with patients and technicians, sharing professional experiences and keeping records of treatment procedures. Dentists will take photographs with higher quality by having more knowledge and intelligence in this field. Photographs will be more beneficial for dentists by evolving the photographs into better quality.

Keywords: dental; dentistry; photography

1. Giriş

Günümüzde fotoğraf, hayatımızın içine sızmış, alışıldık ve vazgeçilmez olan bir olgudur[1]. Geçtiğimiz bir buçuk yüzyıl boyunca, fotoğrafçılık insan yaşamını ve faaliyetlerini tüm yönleriyle kaydetmek için kullanılmıştır. On dokuzuncu yüzyılın ortalarında fotoğrafçılığın icadı “otomatik olarak” doğru bir görsel kayıt sağlama vaadi sunmaktaydı[2]. Birçok alanda olduğu gibi, günümüzde diş hekimliğinde de fotoğrafçılık çok önemli bir hal almıştır.

Diğer uygulamalardaki fotoğrafçılıkta olduğu gibi; dental fotoğrafçılığının olanakları sadece hayal gücü ile sınırlıdır. Diş hekimliğini daha keyifli bir meslek haline getirmek, rutinleri değiştirmek için dental fotoğrafçılık güzel bir yöntemdir. Fotoğrafçılık sadece estetik diş hekimliği için değil aynı zamanda ortodonti, periodontoloji, implantoloji, dental teknoloji ve ağız cerrahisi gibi diğer disiplinlerde de vazgeçilmezdir [3].Fotoğrafın kullanımı günümüz diş hekimliği uygulamaları için standart ve vazgeçilmez olmuştur. Dental görüntüleme, görsel bilgilerin hasta, diş hekimi ve teknisyen arasında paylaşılması için kritik öneme sahiptir[4].

2. Tarihçe

Diş hekimliği ve fotoğrafçılığın tarihi, 1840 yılında dünyanın ilk fotoğraf galerisinin açılması ve diş hekimi olan fotoğrafçı tarafından işletilmesiyle başlamıştır. O zamandan bu yana, fotoğrafçılık hasta kaydının ve tedavi planının ayrılmaz bir parçası haline gelmiş, fotoğrafçılık diş hekimliği için önem kazanmıştır[5].

1848 yılında, Columbus, Ohio'dan Dr. R. Thompson ve W. Elde, diş hekimliği işlemlerinin öncesi ve sonrası fotoğraflarını kullanmaya başladılar ve diş hekimliğinde teşhis ve tedavi planlamasında yeni bir çığır açan bir makale yayınladılar[5].

Son zamanlarda diş hekimliği mesleğinde, klinik fotoğrafçılık teşhis ve tedavi planlama süreçlerinin bir parçası olarak kullanılmaya başlanmıştır. Fotoğrafların; vakaları belgeleme, bilgi sunma ve hastaları bilgilendirmedeki değeri; fotoğrafları, tanı ve tedavi planlama kararlarının ayrılmaz bir parçası haline getirmiştir[5].

Dijital fotoğrafçılık 1990'ların ortalarında pazarlarda bulunan dijital kameralarla başladı. Çözünürlüğü düşük olmasına rağmen meraklılar arasında ilgi yaratmaya başlamıştı. Yaklaşık 10 yıl içinde dijital fotoğrafçılık, bilim ve tıpta film fotoğrafçılığının yerini tamamen aldı. Sadece bir fare tıklamasıyla her şeyin ölçülmesine, değiştirilmesine, paylaşılmasına ve yeni iletişim araçlarına entegre edilmesine olanak tanıyan yeni yazılımlar geldi. Fotoğraflar artık canlandırılabilir, raporlarda kullanılabilir ve web sitelerinde yayınlanabilir hale geldi. Bu uygulamaların film teknolojilerinde eşi benzeri yoktur[6].

3. Temel Fotoğraf Bilgileri

3.1 Fotoğraf Nedir?

Görüntülerin fotoğraf makinesi dediğimiz makine yardımı ile film üzerine ya da dijital ortama kaydedilmesidir. Fotografi kelimesinin kelime anlamı ise ışık yazısıdır[7].

3.2 Fotoğraf Makinelerinin Başlıca Bölüm ve Özellikleri

3.2.1 Makine Gövdesi

Karanlık bir kutudan ibaret olan makine gövdesi; kompakt makinelerde objektife bağlı SLR makinelerde ise objektiften bağımsızdır. Mekanik ve elektronik modellerde farklı özellikler vardır. Gövde fotoğraf makinesinin kontrol paneli gibidir. Makine ayarlarının yapılabileceği düğmeler ve bunların izlenebileceği gösterge paneli bu bölümde bulunur. Sensöre düşen ışık miktarı da gövdede bulunan diyafram ve enstantane aracılığı ile ayarlanabilmektedir[8].

3.2.2 Diyafram

Diyafram, ışığın kameraya ulaştığı deliğin boyutunu tanımlar. Lensin içindeki iris, görüntüyü doğru şekilde yansıtabilme için değişen miktarda daralabilir. Diyafram değeri; lens açıklığı çapının, lens odak uzunluğuna oranıdır. Diyafram değeri arttıkça daha küçük açıklıkları temsil etmekte dolayısıyla sensöre daha az ışığın ulaşması anlamına gelmektedir.

Diyafram; kameraya giren ışık miktarını kontrol etmenin yanı sıra alan derinliğinin genişliğini de etkiler. Küçük diyafram değerlerinde alan derinliği genişlemektedir. Yani odak noktasının önünde ve arkasında net izlenen görüntü artmaktadır. Bu sebeple ağız içi fotoğraflarda küçük diyafram değerleri tercih edilmektedir[9].

3.2.3. Enstantane (Pozlama Süresi)

İyi fotoğraf için gerekli miktarda ışığın, yeterli sürede kameradan geçmesi gerekmektedir. Nasıl ki içeriye giren ışık miktarını diyafram kontrol etmekte ise, ışığın film yüzeyinde kalacağı süreyi de enstantane kontrol etmektedir[10].

Enstantane hızı deklanşörün açık kaldığı süre olarak da tanımlanabilmektedir. Bu değer saniyenin kesirleri olarak gösterilmektedir. Örneğin; 1 değeri 1saniyeyi 1/60 saniyenin 60'da 1ini ifade etmektedir. Bu değer büyük olması yani sürenin uzun olması netliği azaltabilmektedir[10].

Çoğu dijital kamera, diyafram açıklığı ayarlandıktan sonra (diyafram öncelikli mod) enstantane hızını hesaplayan otomatik pozlamaya sahiptir. Ancak dental fotoğrafçılıkta iki hususa dikkat edilmesi gerekmektedir. Birincisi, alan derinliğinin geniş olması için küçük diyafram değerinin kullanılması, ikincisi ise enstantane hızının bulanıklık olmayacak kadar hızlı olmasıdır[10].

3.2.4. Objektif

Fotoğraf makinesinde, gövdenin ön kısmında bulunan parça objektiftir. Görüntülerin film üzerine net bir şekilde düşmesini sağlayan mercek ya da merceklerdir. Fotoğraf makinesinin en önemli parçası sayılabilir[11].

Dental fotoğrafçılık; diş, dişeti ve çevre dokularının yakın çekim görüntülerini gerektirmektedir. Dolayısıyla dental fotoğrafçılıkta, fotoğraf çeken ve çekilecek kişi arasında yeterli mesafeden; bu dokuların detaylı görüntülerini alabilecek objektif gerekmektedir. Makro lensler diş hekimliği için bu gereklilikleri sağlayan objektiflerdir[11].

100 mm ile 105 mm arasında sabit odak uzaklığına sahip makro lensler, diş hekimliği için yeterli büyütme ve çalışma mesafesi rahatlığının ideal kombinasyonunu sağlar. Lensin kalitesinin son görüntünün keskinliği, netliği ve nihai kalitesi üzerinde önemli bir etkisi vardır[11].

4. Dental Fotoğrafçılık

Dijital fotoğrafçılığın diş hekimliğinde kullanılmasının birincil amacı, ağız boşluğunda klinik bilgilerin çeşitli yönlerini kaydetmek için olsa da başka faydaları da bulunmaktadır. Dijital görüntüler; yasal belgeler, eğitim, hastalarla iletişim, meslektaşlar ile paylaşım ve pazarlama için de kullanılmaktadır[12].

Hastaların kimliğinin anlaşılabilmesi için ekstraoral ya da gülüş fotoğrafları gibi fotoğraflar için çekilmeden önce hastadan yazılı izin alınmalıdır. İzin alınırken fotoğrafların kullanım amacı da belirtilmelidir. Birçok hasta dökümantasyon için fotoğraflarının çekilmesine itiraz etmese de bültenlerde kullanılmasına itiraz edebilmektedir[12].

Dental fotoğraflar tıpkı radyograflar veya bilgisayarlı tomograflar gibi dental kayıtların bir parçasıdır[12].

4.1 Fotoğrafın Klinikteki Rolü

Diş hekimliğinde fotoğraf; diagnostik amaçlı, hastalarla iletişim için, yasal kayıt olarak, bilimsel topluluk ile iletişim için, kişisel değerlendirme için ya da dental laboratuvar ile iletişim için kullanılabilir[13 ve 14].

4.2 Fotoğraf Makinesi Seçimi

Bir dijital fotoğraf makinesi seçmeden ve satın almadan önce dikkat edilmesi gereken en önemli faktör diş hekimliği için gerekli olan görüntünün kalitesidir. Dental kullanım için birincil faktör, gerekli görüntü kalitesini elde etmek için hangi kamera formatının uygun olduğuna karar vermektir. Görüntü kalitesi; fotoğraflar, yasal belge olarak da kullanılabilmesi için çok önemlidir[3].

Daha iyi görüntü kalitesi sağlayabilen tek objektifli yansıtmalı (SLR) ve daha geniş kameralardır. SLR, yarı profesyonel ve profesyonel kullanımlar için en yaygın kullanılan kameralardır. SLR'lerin popüleritesi, görüş açısı, lens ve görüntü sensörü veya filmlerin tümü aynı optik eksenini paylaşmasından dolayı paralakstan bağımsızlık kazanmalarıdır. Bu nedenle, gördüğümüz şey ile elde ettiğimiz şeyin aynı olması makro fotoğraf çekerken çok önemlidir. Ayrıca; sınırsız aksesuarlara sahip olması da bu makinelerin avantajlarından[3].

Kaliteye ek olarak, dental kullanım için kamera ekipmanı erişilebilirlik, sağlık ve güvenlik uyumu, çapraz enfeksiyon kontrolü ve kullanım kolaylığına da sahip olmalıdır. Tüm faktörler göz önüne alındığında, mevcut seçeneklerden en iyisi sayısal tek mercek yansıtmalı (DSLR) fotoğraf makineleridir[3].

4.3 Diş Hekimliği İçin Fotoğraf Makinesi Ayarları

4.3.1. Otomatik Pozlama Ayarı

SLR fotoğraf makineleri tamamen manuel, basit elektronik cihazlardır. Tamamen manuel bir SLR fotoğraf makinesi kullanan kullanıcı, film hassasiyeti, diyafram açıklığı, pozlama hızı poz kombinasyonunu seçer. Bu durum fotoğraf kalitesinin tamamen çeken kişiye bağlı olması sonucunu doğurur.

Gelişen teknolojiyle artık, hemen hemen tüm fotoğraf makinelerinde çeşitli seviyelerde otomatik ayarlar bulunmaktadır. Bu durum kullanıcının ciddi hatalar yapmasının önüne geçer. Yine de bu makinelerde de tüm ayarların kullanıcı tarafından seçildiği manuel mod da bulunmaktadır. Bu modda kullanıcı zamanlama ve açıklığı seçer ve otomatik odaklama seçeneğini kullanıp kullanmayacağını seçer. Bu nedenle manuel mod otomatik bir ayar olarak kabul edilmez.

Fotoğraf makinesinin kullanımını kolaylaştırmak için otomatik ayarlar oluşturulmuştur. Kullanıcı kabul ettiği parametreyi seçer ve ardından kamera işlemcisi diğer tüm parametreleri ayarlar. P veya tamamen programlanmış modda, kullanıcı tüm kararları fotoğraf makinesine bırakabilir. Av'da, diyafram öncelikli mod veya diyafram değer modunda, kullanıcı belli bir diyafram değeri ayarlar, makine uygun pozlama süresini ayarlar. Tv enstantene önceliği modu veya zaman değeri modunda, enstantene değerini kullanıcı seçer ve makinenin diyaframı seçmesine izin verir[9].

4.3.2. Otomatik Odak Ayarı

Profesyonel fotoğrafçıların çoğu otomatik odak ayarını tercih ederek netlemeyi fotoğraf makinesine bırakmaktadır. Dökümantasyon fotoğrafları için önemli olan doğru yerin odaklanmış olmasıdır. Doğru yerin odaklanması için ise otomatik odak ayarı fonksiyonlarının çalışma mantığını iyi anlamak gerekmektedir. Odaklama işlevi için 3 işlem şekli vardır; tam otomatik focus modu, fotoğraf makinesi işlemcisi odaklanacağı noktayı veya noktaları seçmekte buna bağlı olarak lensin motorları odaklanmaktadır. İkinci modda noktaları kullanıcı seçmekte odaklamayı makine yapmaktadır. Üçüncü mod ise tam manuel moddur. Tüm işlemi kullanıcı yapmaktadır[10].

Klinik işlemler için çekilen fotoğraflarda en iyi seçenek otomatik modu devre dışı bırakarak tam manuel moda çekmektir[10].

4.3.3. Alan Derinliği

Uygulayıcı alan derinliğini tam olarak kontrol etmeli ve etkin bir şekilde nasıl kullanacağını bilmelidir.

Diyafram ışık miktarını düzenleyen bir mekanizma olmakla beraber alan derinliğini kontrol etmenin de bir yoludur. Diyafram açıklığının derecesi düştüğünde alan derinliği artmakta, diyafram açıklığının artırılması keskinlik alanını daha sığ kılmaktadır. Bu sebeple diş hekimliğinde düşük diyafram açıklıkları tercih edilmektedir[10 ve 15].

4.3.4. Beyaz Ayarı

Işık rengi ışık kaynağının rengine göre değişiklik gösterebilmektedir. İnsan gözü, ışık rengindeki değişikliklere uyum sağlayabilmekte ve farklı ışık kaynakları altında olsa da beyaz rengi beyaz olarak görmektedir. Dijital kameralar da ışık kaynağı rengine göre bu adaptasyonu sağlayabilmektedir. Bu “beyaz ayarı” olarak bilinmektedir[16].

4.3.5. ISO Değeri

ISO değeri, bir sensörün ışığa duyarlılık derecesini tanımlamaktadır. Hassasiyet; sensörün maruz kaldığı hız ile tanımlanır. Sensör ne kadar hızlı olursa, doğru pozlamayı elde etmek için gereken ışık miktarı o kadar az olmaktadır. ISO değerinin 100 olması ortalama hassasiyeti gösterir. Her biri ardışık olarak daha büyük olan her sayı 200-400-800 gibi, önceki sayının hassasiyetinin iki katına çıktığını gösterir. Ancak ISO değeri artırıldığında fotoğraftaki noise(gren-gürültü) artacaktır. Bu yüzden ortamdaki ışık yeterli ise ISO değerinin artırılması ideal değildir[15].

4.3.6. Diyafram

Diyafram ayarı yüksek olduğunda diyafram çapı küçülür ve alan derinliği artar. Dental fotoğraf uygulamalarında klinisyenin mümkün olan minimum açıklık çapını kullanarak alan derinliğini maksimuma çıkarması gerekmektedir. Doğru pozlamayı tamamlamak için diyafram açıklığının uygun pozlama süresi ve kamera hassasiyetiyle birleştirilmesi gerekmektedir. Tüm ağız içi fotoğraflarda minimum diyafram önerilmektedir[9].

Çoğu makro objektifte minimum diyafram değeri 22dir. Bu değer daha yükseldikçe görüntü kalitesini bozabilmektedir bu yüzden daha yüksek diyafram değerine sahip bir objektif kullanılıyorsa da 22 üzerindeki değerler tavsiye edilmemektedir[10].

4.3.7. Enstantane (Pozlama Süresi)

Seçilen diyafram değerine göre ve kullanılan flaş sistemine göre pozlama süresi ayarlanabilir. Ancak; pozlama süresi uzadıkça netliğin azalabileceği akıldan çıkarılmamalıdır. Bu yüzden kullanılan flaş çok önemlidir. Pozlama flaşla senkronize edilmelidir; bu otomatik olarak atanmış flaş üniteleri ile gerçekleşir. Aksi takdirde uygun ayar $t=1/125s$ civarındır.[15]

4.4. Yardımcı Ekipmanlar

4.4.1. Tripod (Üç Ayak):

Üç ayak, fotoğrafçılıkta önemli yardımcı ekipmanlardan bir tanesidir. En önemli fonksiyonu ise makineyi sabit tutmaktır. Özellikle uzun pozlama süreleri için netliğin bozulmaması için, makinenin sabit durması önemlidir. Ancak diş hekimliğinde uzun pozlama süreleri çoğu zaman kullanılmamaktadır[17].

4.4.2. Makro Objektifler

Konuya yakın çekimlerde genellikle makro objektifler kullanılmaktadır. Doğa fotoğrafçılığı ve dental fotoğrafçılıkta sıklıkla makro objektifler tercih edilmektedir. Dental fotoğrafçılıkta en sık kullanılan makro objektifler 100mm ve 105 mm’lik objektiflerdir[18].

4.4.3. Flaşlar

Fotoğraf çekiminde doğru aydınlatma en önemli faktörlerden biridir. Ağız içi fotoğraflarda, doğal ortam ışığı genellikle gölgeli alanları aydınlatmakta yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple dental fotoğrafçılıkta tamamlayıcı bir flaş vazgeçilmezdir[11].

Dental fotoğrafçılık için dört çeşit elektronik flaş sistemi kullanılmaktadır;

• Ring flaş sistemi: Deneyimsiz dental fotoğrafçılar arasında favori olan bu sistem, genel makrofotografi için evrensel flaş sistemi olarak kabul edilir[19].

Bu sistem, merceği çevreleyen tek bir halka flaş tüpünden oluşur. Işık, optik eksenini tamamen çevreler ve genellikle merceğin biraz önünde bulunur, böylece tüm gölgeleri ortadan kaldırır. Bu flaş sisteminin avantajı şudur: Ağız içindeki dokular gölgeler olmadan eşit şekilde aydınlatılabilir. Sonuç olarak; dental fotoğrafçılık konusunda deneyimsiz kişiler de kabul edilebilir sonuçlar elde etmek için ring flaşları kolaylıkla kullanabilir. Ancak; gölgelerin tamamen aydınlatılması ayrıntının biraz azalmasına sebep olacaktır.

• Noktasal flaş ışık kaynağı sistemi: Bu, merceğin bir tarafına monte edilen tek bir flaşlı ışık kaynağı sağlar. İzole edilmiş ışık, farklı açılardan yönsel bir ışık sağlamak için lensin etrafındaki farklı konumlara hareket ettirilebilir.

Önden, sağdan ve soldan görünümlere yönelik fotoğraf kompozisyonları flaşın sırasıyla saat 12, 9 ve 3 konumlarına yerleştirilmesini gerektirir[11].

Işık yönünün kontrolü ile bazı kısımlarda gölge olacaktır. Gölgelerin görünümü, görüntüdeki görünen derinliği vurgulamak için iyidir. Bu flaş sistemi tasarımının avantajı, yüzey dokusu ayrıntılarını ve konturlarını kaydetme yeteneğidir. Ancak yeterli bilginin sağlanması için birden fazla flaş konumuyla birden fazla fotoğrafın çekilmesi önerilir. Bu tür flaş sistemi, her pozlamadan önce flaş konumunu manevra etmek için hatırı sayılır bir deneyim ve ilave kurulum süresi gerektirir. Dental fotoğrafçılıkta çoğu zaman ring ya da twin flaşlar bu sisteme tercih edilir.

• Twin flaş ışık kaynağı sistemi: bu sistem merceğin yanına monte edilen iki flaş ünitesinden oluşur. İlkinde merceğin her iki yanında sabit konumlara monte edilmiş iki sabit flaş bulunur. Bu ikiz flaş sistemi halka flaşa benzese de, ışık yalnızca merceğin solunda ve sağında dikey olarak hizalanmış iki tüpten yayılır ve üstten veya alttan ışık gelmez. Bazı tasarımlarda, hareketli kollar üzerinde lensten daha uzağa hareket edebilen iki hareketli flaş kullanılır. Işık kaynakları, dokuyu derinlik ve gerçekçi efektlerle ortaya çıkarmak için özel yumuşak gölgeler oluşturacak şekilde konumlandırılabilir. Bu aydınlatma sisteminin kullanımında ustalaşmak, profesyonel fotoğraf sonuçları doğuracaktır. Düzgün kullanım için daha fazla deneyim gerektirse de, twin flaş sistemi yumuşak gölgeler ve iyi aydınlatma için oldukça iyi bir seçenektir. Çünkü aynı anda yüzey ayrıntılarının, renk geçişlerinin, yarı saydam görüntülerin ve çatlak çizgilerinin izlenmesini sağlar[20].

• Stüdyo flaşları: Stüdyo flaşları, dental fotoğrafçılıkta yüksek kaliteli fotoğraflar elde etmek için sıklıkla kullanılmaktadır. Standart ve ideal görüntü sağlama konusunda oldukça başarılı bir sistemdir. Bu sistemin kullanılabilmesi için en az 4 metre karelik bir alan gereklidir. Bu alan klinik içinde ayrılabilir ya da farklı bir oda stüdyo olarak kullanılabilir. Stüdyo flaşlarının kullanılabilmesi için gerekli olan bazı malzemeler vardır. Bunlar;

- 2-3 elektronik stüdyo flaşı
- soft box (Işık kaynağını geniş hale getirir ve ışığı dağıtarak ışığı daha yumuşak hale getirir)
- barn door
- Reflektör (gümüş, beyaz veya altın)
- Arka plan oluşturmak için renkli kumaş veya kartlar[20 ve 21].

4.4.4. Filtreler

Silindirik şekilde genellikle camdan yapılmış yardımcı ekipmanlardır. Filtreler ışık ve renk dengelemek için kullanılabilir. Objektif çapları değiştiği için her objektif için farklı çaplarda filtreler bulunur[16].

4.4.5. Aynalar

Ağız içi fotoğraf çekimlerinde aynalar sıklıkla kullanılmaktadır. Yetişkin ve çocuk hastalar için farklı boy ve tipte ayna çeşitleri mevcuttur. Okluzal fotoğraflarda ve sentrik ilişkide alınan sağ ve sol kapanış fotoğraflarında genellikle

ayna tercih edilmektedir. Buğu yapmayan rodyum içerikli cam aynalar ya da parlatılmış çelikten yapılmış aynalar kullanılabilir. Çelik aynaların kırılma riski de bulunmamaktadır[17 ve 22].

4.4.6. Ekartörler

Dental fotoğrafçılıkta dudak ve yanak gibi çevre dokuları ekarte etmek amacı ile ekartörler kullanılmaktadır. Metal ya da plastikten üretilmektedirler. Şeffaf plastik ya da siyah plastik ekartörler dental fotoğrafçılıkta sık tercih edilmektedirler[17].

4.4.7. Kontrast Plaklar

Kontrast plaklar, siyah bir fon elde ederek detay yansıtılması için kullanılmaktadırlar. Özellikle ön dişlerden alınan fotoğraflarda kullanılır. Kontrast plak kullanılarak çekilmiş fotoğraflarda, insizal translusenslik ve mamelon gibi detaylar net olarak izlenmekte ve konu dışında kalan alan maskelenmektedir[17].

4.4 Hasta, Arkaplan, Malzeme ve İntraoral Bölgelerin Hazırlığı

Fotoğraf çekimine başlamadan önce hasta rızası yazılı şekilde alınmalı ve işlemler anlatılmalıdır. Ağız içi fotoğraf çekimi sırasında ekartörleri hasta tutacaksa hastaya da eldiven giydirilebilir. Ekartasyonun simetrik şekilde olması gerekmektedir.

Tedavi öncesinde ve sonrasında alınan yüz fotoğraflarında aynı arka plan kullanılmalıdır.

Ağız içi fotoğraf alınmadan önce bölge kan, tükürük ve debristen arındırılmalıdır.

Fotoğraf kalitesi için kaliteli ve çizilmemiş ağız aynaları kullanılmalıdır. Aynaların buğulu olmamasına özen gösterilmelidir. Aynalar, buğu yapmaması için sıcak suda bekletilebilir[23].

4.5 Çekilmesi Tavsiye Edilen Standart Pozlar

Çekilmesi tavsiye edilen bazı standart pozlar şunlardır;

Tüm yüz gülmeden

Tam yüz tam gülümseme

Dinlenme pozisyonunda dişlerin yarısı görünürken

Sağ profil gülmeden

Sağ profil tam gülümseme

Sağ yandan gülüş (sadece dudak ve dişleri kapsayan)

Sol yandan gülüş (sadece dudak ve dişleri kapsayan)

Sentrik okluzyonda, dudaklar ekarte edilmiş önden fotoğraf

Dinlenme halinde dudaklar ekarte edilmiş önden fotoğraf

Sentrik okluzyonda, dudaklar ekarte edilmiş sağdan fotoğraf

Sentrik okluzyonda, dudaklar ekarte edilmiş soldan fotoğraf

Maxiller okluzal fotoğraf

Mandibular okluzal fotoğraf [6 ve 24].

Bu pozlar; hem hastanın tüm yüz estetik değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Gülümseme fotoğrafları kozmetik çalışmalar için gerekli olmaktadır. Bu fotoğraflarda hasta olabildiğince güldürülmeli, diş etleri de mümkün olduğunca fotoğrafa dahil edilmelidir. Maksimum alan derinliği için kaninler üzerine odaklama yapılmalıdır. Yandan alınan gülümseme fotoğraflarında da odak lateral dişlerde olmalıdır[21].

Sentrik okluzyonda kapanışın çekildiği fotoğraflarda dudak ekartörleri kullanılmalıdır. Odak lateral dişler üzerinde ayarlanmalıdır böylece tüm dişler net şekilde izlenebilir. Okluzal düzlemin hizalanmasına özen gösterilmelidir. Hastanın doğal okluzyonunu yansıtabilecek şekilde ayarlanmalıdır. Sentrik okluzyonda kapanış önden çekildikten sonra hasta istirahat pozisyonuna alınıp bir de bu şekilde fotoğraf çekilir[20 ve 25].

Sentrik okluzyonda yandan alınacak fotoğraflar ayna kullanılarak ya da ayna kullanılmadan alınabilir. Görüntüye mümkün olan en arka dişler de dahil edilmelidir. Ayna kullanılarak çekilecek fotoğraflarda hasta yanaklarını rahat bırakmalıdır: Böylece yanaklar dışarı doğru esnetilerek daha güzel görüntü elde edilir[20, 21, 26].

Okluzal fotoğrafların çekilmesi için ayna kullanımı gereklidir. Hangi çenenin okluzal fotoğrafı çekilecekse ekartörler o tarafta kullanılmalıdır. Odak birinci premolar dişler üzerinde olmalıdır. Üst çene okluzal fotoğraf çekimi için, hastadan başını geriye doğru eğmesi istenerek 12 pozisyonunda fotoğraf çekilebilir. Alt çene okluzal fotoğrafı için saat 9 pozisyonunda, hastanın üzerine eğilerek fotoğraf çekilebilir. Dil mümkünse aynanın arkasında durarak görüntüyü engellememelidir[20 ve 21].

4.6 Çapraz Enfeksiyon Kontrolü

Dental fotoğrafçılıkta, dental işlemlerin tamamında olduğu gibi çapraz enfeksiyon kontrolü çok önemlidir. Diğer dental işlemlerde kullandığımız çapraz enfeksiyon tedbirlerini, fotoğraf çekimi için de kullanılmalıdır. Kullanılan malzemelerin el ile temas yüzeyleri mümkünse tek kullanımlık selofan ile kaplanmalıdır. Ekartörler üretici talimatına uyarak, her hastadan sonra steril edilmelidir. Aynalar da yüzey dezenfektanı sıkılmış gazlı bezlerle silinmelidir. Alkole temizlenmeleri lekelenme ve hasara neden olmamak için tavsiye edilmemektedir[27].

5. Kaynaklar

- [1] Yusuf karaoğlu, “GÖRSEL BİR SANAT DALI OLARAK FOTOĞRAF VE YENİ İLETİŞİM ORTAMLARININ FOTOĞRAF SANATINDAKİ KULLANIMI,” 2009. doi: 10.2174/138920312803582960.
- [2] T. Wright, *The Photography Handbook*. 2016. doi: 10.4324/9781315651200.
- [3] I. Ahmad, “Digital dental photography. Part 1: an overview.,” *Br. Dent. J.*, vol. 206, no. 8, pp. 403–407, 2009, doi: 10.1038/sj.bdj.2009.306.
- [4] B. Hill, “Photography in dentistry,” *J. Vis. Commun. Med.*, vol. 1, no. 4, pp. 190–191, 1978, doi: 10.3109/17453057809153871.
- [5] D. L. Galante, “History and current use of clinical photography in orthodontics,” *J. Calif. Dent. Assoc.*, vol. 37, no. 3, pp. 173–174, 2009.
- [6] D. Kalpana, S. J. Rao, J. K. Joseph, and S. K. R. Kurapati, “Digital dental photography,” *Indian J. Dent. Res.*, vol. 29, no. 4, p. 507, 2018.
- [7] L. Dem, M. Enst, L. Anab, E. Cansiz, and T. Dan, “fotoğraf tarihine giriş,” vol. 2, no. December 2014, pp. 1–241, 2007, doi: 10.7822/omuefd.33.2.11.
- [8] S. R. Snow, “Dental photography systems: required features for equipment selection.,” *Compend. Contin. Educ. Dent. (Jamesburg, NJ 1995)*, vol. 26, no. 5, pp. 309–310, 2005.
- [9] D. A. Terry, S. R. Snow, and E. A. McLaren, “CE 1-contemporary dental photography: selection and application,” *Compendium*, vol. 29, no. 8, p. 432, 2008.
- [10] I. Ahmad, “Digital dental photography. Part 6: Camera settings,” *Br. Dent. J.*, 2009, doi: 10.1038/sj.bdj.2009.607.
- [11] W. Bengel, “Mastering digital dental photography,” *Quintessence*, pp. 148–149, 2006.
- [12] I. Ahmad, “Digital dental photography. Part 2: Purposes and uses,” *Br. Dent. J.*, 2009, doi: 10.1038/sj.bdj.2009.366.
- [13] P. Wander and P. Gordon, “Specific applications of dental photography,” *Br. Dent. J.*, vol. 162, no. 10, pp. 393–403, 1987.
- [14] M. L. Bernstein, “The application of photography in forensic dentistry.,” *Dent. Clin. North Am.*, vol. 27, no. 1, pp. 151–170, 1983.
- [15] P. Loiacono and L. Pascoletti, *Photography in Dentistry: Theory and Techniques in Modern Documentation*.

- Quintessenza Edizioni, 2012.
- [16] F. BAYINDIR, "DİJİTAL Dental Fotoğrafçılık-I," *Atatürk Üniversitesi Diş Hekim. Fakültesi Derg.*, vol. 25, no. 1, 2015, doi: 10.17567/dfd.41458.
- [17] I. Ahmad, "Digital dental photography. Part 4: Choosing a camera," *Br. Dent. J.*, vol. 206, no. 11, pp. 575–581, 2009, doi: 10.1038/sj.bdj.2009.476.
- [18] R. Haak and C. Schirra, "Dental photography in support of patient documentation and communication," *Quintessence Int*, 2000.
- [19] M. Freeman, *Pro Digital Photographer's Handbook*. Lark Books, 2005.
- [20] E. A. McLaren and D. A. Terry, "Photography in dentistry.," *J. Calif. Dent. Assoc.*, vol. 29, no. 10, pp. 735–742, 2001.
- [21] G. J. Christensen, "Important clinical uses for digital photography," *J. Am. Dent. Assoc.*, 2005, doi: 10.14219/jada.archive.2005.0030.
- [22] S. R. Snow, "Assessing and achieving accuracy in digital dental photography.," *J. Calif. Dent. Assoc.*, 2009.
- [23] D. F. Atat, U. Cilt, R. Albayrak, M. Kodu, and K. Tarihi, "DİJİTAL DENTAL FOTOĞRAFÇILIK -II DIGITAL DENTAL PHOTOGRAPY-II Prof. Dr. Funda BAYINDIR*," vol. 7, pp. 143–149, 2017.
- [24] I. Ahmad, "Digital dental photography. Part 7: Extra-oral set-ups," *Br. Dent. J.*, 2009, doi: 10.1038/sj.bdj.2009.667.
- [25] A. Patel, "Clinical digital dental photography," *CAD/CAM*, vol. 3, pp. 6–10, 2012.
- [26] M. R. Sharland, "An update on digital photography for the general dental practitioner," *Dent. Update*, vol. 35, no. 6, pp. 398–404, 2008.
- [27] I. Ahmad, "Dental Photography, A practical clinical manual. 2004," *Quintessence Chicago*.